

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Anàlisi del consum elèctric a l'edifici H de l'ETSEIB

MEMÒRIA

Autor: Lluís Marias Barber
Director: Roberto Villafáfila Robles
Convocatòria: Juny 2019



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**



Resum

En el pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica es fixa com objectiu la gestió i optimització de la demanda energètica, per tal de reduir aquesta demanda fins a un 20% respecte al 2007.

En aquest treball de fi de grau es pretén caracteritzar el consum elèctric de l'edifici més consumidor de l'ETSEIB, l'edifici H, i determinar quin ús se'n fa de l'energia. El propòsit final d'aquest projecte és optimitzar la gestió de l'energia elèctrica de l'edificació per tal de garantir que se'n fa un ús responsable.

Per a assolir aquest objectiu, en primer lloc s'analitza l'evolució del consum elèctric al llarg de l'any 2017 i s'identifiquen els paràmetres que tenen un impacte significatiu en l'evolució d'aquesta variable. Tot seguit es proposa un model de regressió lineal múltiple per caracteritzar tant el consum de la totalitat de l'edifici com el de cada una de les plantes individualment.

A continuació s'estudia quins paràmetres són responsables de les diferències de consum elèctric entre les diferents seccions de l'edifici i si es perceben patrons de comportament específics. Tanmateix s'estima quin és l'origen de la despesa energètica segons dos punts de vista diferents: una primera estimació centrada en l'ús final de l'energia i una segona estimació centrada en quins espais s'origina el consum.

Finalment, s'extreuen conclusions de totes les anàlisis realitzades, s'identifiquen les limitacions i es comenten alguns possibles passos a seguir en el futur.

Sumari

RESUM	3
SUMARI	5
Índex de figures	7
Índex de taules.....	8
GLOSSARI	11
1. INTRODUCCIÓ	13
1.1. Objectius del projecte	14
1.2. Abast del projecte	14
2. ESTAT DE L'ART	17
2.1. Pla UPC 2020 de Sostenibilitat Energètica.....	17
2.2. Sistemes de monitorització	20
2.2.1. Sistema SIRENA	20
2.2.2. Sistema de monitorització a l'ETSEIB	21
3. ANÀLISI DEL CONSUM ELÈCTRIC A L'EDIFICI H DE L'ETSEIB	25
3.1. Meteorologia	27
3.2. Informació bàsica de l'edifici	29
3.3. Informació de l'interior.....	32
3.4. Calendaris i horaris d'ocupació.....	34
3.5. Evolució del consum elèctric. Model de regressió lineal múltiple	39
3.5.1. Aplicació del model de regressió lineal múltiple a tot l'edifici H.....	40
3.5.2. Aplicació del model de regressió lineal múltiple per plantes	41
4. COMPARACIÓ DEL CONSUM ELÈCTRIC PER PLANTES	45
4.1. Meteorologia	45
4.2. Informació bàsica de l'edifici	47
4.2.1. Superfície construïda i intensitat energètica elèctrica.....	47
4.2.2. Assolellament.....	48
4.3. Informació de l'interior.....	51
4.4. Calendaris i horaris d'ocupació.....	55
4.5. Identificació i classificació de l'ús de l'energia elèctrica.	60
4.5.1. Anàlisi segons tipus d'ús final de l'energia elèctrica	60
4.5.2. Anàlisi segons tipologies d'espais	63
5. PRESSUPOST	67

6. IMPACTE MEDIAMBIENTAL	69
CONCLUSIONS	71
Limitacions.....	72
Treballs futurs.....	73
AGRAÏMENTS	75
BIBLIOGRAFIA	77
ANNEX A. ESQUEMES DE DISTRIBUCIÓ DE L'ESPAI A LES PLANTES DE L'EDIFICI H	81
Annex A.1. Distribució de l'espai a la planta -1	82
Annex A.2. Distribució de l'espai a la planta 0	84
Annex A.3. Distribució de l'espai a la planta 1	86
Annex A.4. Distribució de l'espai a la planta 2	88
Annex A.5. Distribució de l'espai a la planta 3	90
Annex A.6. Distribució de l'espai a la planta 4	92
Annex A.7. Distribució de l'espai a la planta 5	94
Annex A.8. Distribució de l'espai a la planta 6	96
Annex A.9. Distribució de l'espai a la planta 7	98
Annex A.10. Distribució de l'espai a la planta 8	100
Annex A.11. Distribució de l'espai a la planta 9	102
Annex A.12. Distribució de l'espai a la planta 10	104
Annex A.13. Distribució de l'espai a la planta 11	106
ANNEX B. OCUPACIÓ PROGRAMADA DE LES AULES DE L'EDIFICI H DE L'ETSEIB DURANT L'ANY 2017	108
ANNEX C. RESULTATS DE LES REGRESSIONS LINEALS MÚLTIPLES SOBRE CONSUM ELÈCTRIC DE L'EDIFICI H	112
ANNEX D. RESULTATS DE LES REGRESSIONS LINEALS MÚLTIPLES SOBRE EL CONSUM ELÈCTRIC A CADA UNA DE LES PLANTES DE L'EDIFICI H	114
ANNEX E. RESUM DE LES DADES D'OCUPACIÓ DEL PERSONAL	145

Índex de figures

Figura 2.1 Sistema energètic de Catalunya 2030. Font: Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica [3].....	18
Figura 2.2 Evolució del consum energètic a la UPC. Font: Informe SIRENA 2017 [9]	19
Figura 3.1 Consum elèctric de les seccions de l'edifici H l'any 2017	26
Figura 3.2 Evolució del consum elèctric de l'edifici H i de les variables meteorològiques més correlacionades	28
Figura 3.3 Façana lateral de l'edifici H des del carrer Pasqual i Vila. Font: Google.com/maps	31
Figura 3.4 Façana de vidre de les plantes 0 i 1 de l'edifici H vista des d'un dels patis interiors. Font: Foursquare.com	31
Figura 3.5 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'estiu no lectius. Font: <i>Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB</i> [4].....	34
Figura 3.6 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'estiu lectius. Font: <i>Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB</i> [4].....	35
Figura 3.7 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'hivern no lectius. Font: <i>Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB</i> [4].....	35
Figura 3.8 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'hivern lectius. Font: <i>Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB</i> [4].....	36
Figura 3.9 Calendari acadèmic de l'ETSEIB de l'any 2017	37
Figura 3.10 Correlació entre el consum elèctric de l'edifici H i l'ocupació del personal.....	38
Figura 3.11 Correlació entre el consum elèctric de l'edifici H i l'ocupació de les aules.....	39
Figura 4.1 Relació entre el consum elèctric i el coeficient de variació de Pearson	46
Figura 4.2 Comparativa de les ombres projectades per l'edifici H a les 12h del solstici d'estiu (a l'esquerra) i solstici d'hivern (a la dreta)	49
Figura 4.3 Tipologies de passadissos a l'edifici H de l'ETSEIB	50

Figura 4.4 Comparativa del consum elèctric de les plantes segons la ubicació dels passadissos	51
Figura 4.5 Gràfic de distribució de l'espai a l'edifici H per plantes	52
Figura 4.6 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per aules	53
Figura 4.7 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per aules d'informàtica	54
Figura 4.8 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per despatxos i oficines.....	54
Figura 4.9 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per espai comú	54
Figura 4.10 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per laboratoris	55
Figura 4.11 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per instal·lacions de serveis	55
Figura 4.12 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb l'ocupació de les aules i aules d'informàtica	57
Figura 4.13 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la dedicació setmanal de tot el personal de les plantes.....	58
Figura 4.14 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la quantitat de llocs de treball de les plantes	59
Figura 4.15 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la densitat d'hores de dedicació setmanal.....	59
Figura 4.16 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la densitat de llocs de treball	60

Índex de taules

Taula 2.1 Llistat d'analitzadors de xarxes instal·lats a l'ETSEIB.....	22
--	----

Taula 3.1 Coeficients de correlació de Pearson entre les variables meteorològiques i el consum elèctric de l'edifici H	27
Taula 3.2 Correlació entre les variables meteorològiques més rellevants	29
Taula 3.3 Distribució de la superfície de l'edifici H segons tipus d'espais.....	33
Taula 3.4 Consum de l'edifici H i variables d'ocupació	37
Taula 3.5 Resultats de la regressió lineal múltiple sobre el consum elèctric de l'edifici H amb 3 variables.....	40
Taula 3.6 Resultats de la regressió lineal múltiple sobre el consum elèctric de l'edifici H amb 2 variables.....	41
Taula 3.7 Resultats de les regressions lineals múltiples sobre el consum elèctric a cada planta de l'edifici H	42
Taula 4.1 Paràmetres estadístics bàsics dels consums elèctrics de les plantes de l'edifici H	46
Taula 4.2 Consum elèctric anual i intensitat energètica de les plantes de l'edifici H.....	48
Taula 4.3 Distribució de la superfície dels pisos de l'edifici H en metres quadrats i percentatges	53
Taula 4.4 Coeficients de correlació per cada planta de la intensitat energètica elèctrica amb l'ocupació de les aules	58
Taula 4.5 Estimacions del consum elèctric segons el tipus d'ús final de l'energia i consum real mesurat	62
Taula 4.6 Estimacions del consum elèctric anual de cada tipus d'espai i consum real mesurat	63
Taula 4.7 Coeficients de la regressió lineal múltiple pel consum elèctric anual descrit per la superfície de cada tipus d'espai	64
Taula 4.8 Estimacions del consum elèctric obtingudes utilitzant els coeficients de ponderació segons el tipus d'espai i les mesures reals.....	65
Taula 5.1 Pressupost del projecte amb el desglossament dels costos.....	67

Glossari

UPC: Universitat Politècnica de Catalunya

ETSEIB: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona

SIRENA: Sistema de Informació del consum de Recursos Energètics i d'Aigua

PIU: Pressupost de Inversions de la Universitat

nZEB: De l'anglès: *Near Zero Energy Buildings*. Edificis de consum d'energia gairebé zero

ISO: De l'anglès: International Organization for Standardization. Organització internacional per l'estandardització

CSUC: Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya

IOC: Institut d'Organització i Control de sistemes industrials

EMA: Estació meteorològica Automàtica

CTE: Codi Tècnic de la Edificació

PDI: Personal Docent i Investigador

PAS: Personal d'Administració i Serveis

ICGC: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

IDAE: Institut per la Diversificació i Estalvi de l'Energia

1. Introducció

Avui en dia, l'ésser humà realitza tota mena d'activitats que causen un fort impacte negatiu en el medi que l'envolta. És per això que l'eficiència energètica i les energies renovables juguen un paper molt important reduint l'empremta ecològica causada per l'estil de vida actual.

Una de les principals conseqüències de l'ús desproporcionat dels recursos energètics, és l'acumulació de gasos causants de l'efecte hivernacle, i el resultant escalfament global.

L'Organització de les Nacions Unides va impulsar diversos acords internacionals per tal de posar fre a aquestes problemàtiques. Per tal de millorar la situació relativa a l'efecte hivernacle, a l'any 1997 es va elaborar el protocol de Kyoto [1]. En aquest acord, la Unió Europea es va comprometre a reduir el conjunt de les seves emissions pel període 2008-2012 en un 8% dels valors de referència (els valors de l'any 1990).

Posteriorment, la Comissió Europea ha establert tres objectius concrets pel període 2013-2020 i ha impulsat un paquet de mesures per tal d'assolir-los [2]. Aquests objectius són:

- Reduir un 20% les emissions de gasos d'efecte hivernacle del conjunt de la Unió Europea (respecte l'any 1990).
- Que el 20% de l'energia consumida provingui de fonts renovables.
- Millorar l'eficiència energètica per tal d'aconseguir una reducció del 20% en el consum d'energia primària (respecte l'estimació per l'any 2020).

D'acord amb aquest marc jurídic la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) ha elaborat un pla d'acció anomenat Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica [3]. Els objectius d'aquest pla són:

- Aconseguir una universitat sostenible, amb baixa intensitat energètica i baixes emissions de carboni.
- Potenciar el rol de la universitat com a pionera en matèria de sostenibilitat energètica gràcies a la experimentació en els seus propis campus.

Per tal de dur a terme el present document s'han revisat estudis acadèmics relacionats amb l'eficiència energètica en la UPC, i més concretament en l'ETSEIB (Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona), aquests estudis es detallen més endavant.

1.1. Objectius del projecte

En aquest treball s'estudia el consum elèctric de l'edifici H de l'ETSEIB. Es pretén conèixer al detall les característiques d'aquest consum, i identificar quin ús se'n fa de l'energia. El propòsit final d'aquest projecte és optimitzar la gestió de l'energia elèctrica de l'edifici H, localitzar consums injustificats, per tal de garantir que se'n fa un ús responsable. Per tal d'assolir aquest objectiu principal, es consideren els següents objectius específics:

- Conèixer les accions i projectes anteriors realitzats en el camp de l'eficiència energètica elèctrica en la UPC, i específicament, aquells que han estat implementats en l'ETSEIB.
- Conèixer els elements de mesura que permeten obtenir dades de les instal·lacions elèctriques.
- Analitzar el consum elèctric del conjunt de l'edifici H de l'ETSEIB i la seva evolució al llarg d'un any.
- Analitzar els consums elèctrics de les plantes de l'edifici H de l'ETSEIB per separat i identificar quin ús se'n fa de l'energia.
- Proposar mesures d'eficiència energètica per tal de millorar la situació actual.

1.2. Abast del projecte

Aquest projecte es situa a l'ETSEIB, una escola pertanyent al campus sud de la UPC. Arquitectònicament l'ETSEIB està formada per 10 edificis o pavellons interconnectats, anomenats amb lletres: B, C, C', D, E, F, G, H, I i L. De tots aquests edificis l'estudi es centra sobre l'edifici H, atès que és l'edifici de més grans dimensions i també el que presenta el major consum d'energia elèctrica [4].

Si bé en un estudi relacionat amb la sostenibilitat cal tenir en compte totes les fonts d'energia i recursos emprats en l'edifici, en aquesta anàlisi només es tindrà en compte l'electricitat. Aquesta decisió recau en l'absència de dades en temps real dels consums d'aigua i de gas, i de subsistemes de mesura que permetin filar prim.

Aquesta anàlisi es basa en les dades de consum elèctric, meteorologia, informació relativa a l'edificació, la distribució dels espais i l'ocupació de l'edifici durant l'any 2017. Malgrat que d'algunes d'aquestes categories es disposen dades d'anys anteriors, s'ha descartat la seva utilització ja que corresponen, o bé al període previ, o bé al període durant el qual es va dur a terme el trasllat d'algunes unitats acadèmiques i de recerca al nou Campus Diagonal Besòs. S'ha tingut en consideració aquest fet pel seu impacte en el consum elèctric de les

seccions de l'edifici on es desenvolupaven les activitats d'aquests departaments i instituts, perquè degut a aquesta migració es van redistribuir alguns dels espais de l'edifici H.

No s'han pogut obtenir dades de consum elèctric des del maig del 2018 fins l'actualitat degut a una errada en els sistemes informàtics necessaris pel funcionament dels dispositius de mesura, que encara està pendent de solucionar.

D'altra banda, no ha estat possible disposar de dades precises de la distribució dels diferents espais de l'edifici H al llarg de l'any 2017. Per aquest motiu s'ha considerat la hipòtesi següent: La distribució dels espais i el tipus d'ús que se'ls hi dona ha romàs constant des del 2017 fins la realització d'aquest projecte l'any 2019. Es considera el mateix raonament per a les dades d'ocupació relacionades amb el personal, i s'utilitzaran les dades obtingudes l'any 2019.

Aquest projecte es duu a terme utilitzant eines d'estadística descriptiva, d'anàlisi de correlació lineal entre variables i de regressió lineal múltiple.

2. Estat de l'art

A continuació s'exposen les polítiques i actuacions que ha dut a terme la UPC en matèria de sostenibilitat, així com estudis relacionats amb aquest àmbit. També es descriu el sistema de mesura de la despesa energètica i d'aigua en la UPC, és a dir, el SIRENA (Sistema de Informació del consum de Recursos ENergètics i d'Aigua) [5], i la infraestructura necessària pel seu funcionament a l'ETSEIB.

2.1. Pla UPC 2020 de Sostenibilitat Energètica

Les accions que es duen a terme en l'àmbit de la sostenibilitat a la UPC s'emmarquen en el Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica [3]. Aquest document parteix del seu predecessor, el Pla UPC d'estalvi energètic 2011-2014 [6]. A més a més, treballa en la mateixa línia i amb un mateix horitzó que el pla anàleg de la generalitat de Catalunya: El Pla de l'energia i canvi climàtic de Catalunya 2012-2020 [7].

El Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica presenta dos principals objectius. En primer lloc, proposa assolir una universitat de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, sostenible a mig i llarg termini. Aquest objectiu s'hereta del pla de la Generalitat de Catalunya, on s'estableix una doble estratègia, a mig i llarg termini, que busca un estalvi en la demanda i la producció d'energia el més neta possible (Figura 2.1).

El segon objectiu que proposa el pla d'acció de la UPC és experimentar la innovació als campus per potenciar el rol de la universitat com a recurs de coneixement i aprenentatge vers una societat sostenible energèticament. Aquest propòsit reuneix els principis de la UPC de exemplaritat, participació i fer del campus un laboratori d'experimentació.

Aquests dos objectius generals es concreten en quatre línies clau o objectius específics:

- Reduir la demanda energètica en un 20% respecte al 2007.
- Obtenir el certificat energètic per a la totalitat dels edificis, destinar el 10% del PIU (Pressupost de Inversions de la Universitat) a la sostenibilitat, i professionalitzar la gestió energètica a tots els campus mitjançant un gestor energètic.
- Aconseguir que el 20% de la despesa energètica provingui de fonts renovables.
- Involucrar 200 estudiants en projectes acadèmics sobre el campus i 10 edificis de la UPC com espais pilot.

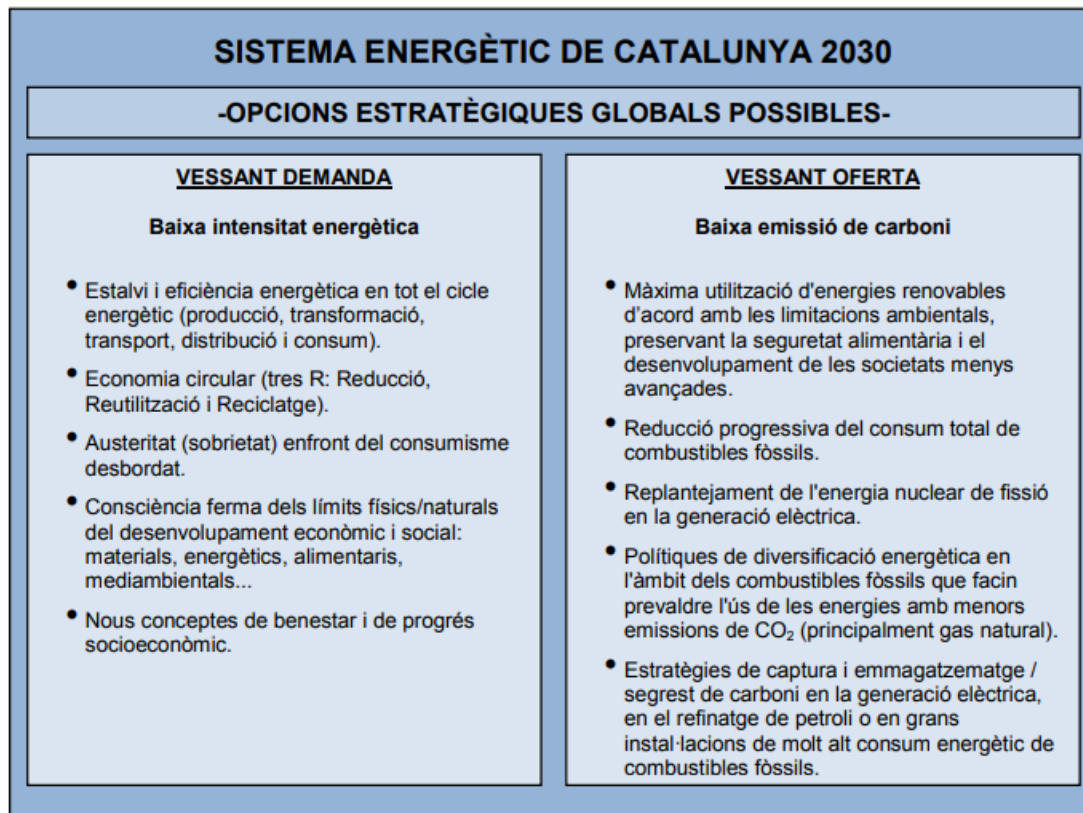


Figura 2.1 Sistema energètic de Catalunya 2030. Font: Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica [3]

En relació a la primera de les línies clau, cal consultar l'Informe SIRENA 2016 [8] i l'Informe SIRENA 2017 [9], on es mostra l'evolució del consum energètic a la UPC (Figura 2.2). El consum total d'energia de la UPC es va aconseguir reduir després de l'aplicació del pla d'estalvi energètic, i es va mantenir estable fins al 2015. Al 2016, amb l'obertura del Campus Diagonal Besòs, el consum energètic va augmentar. Pel que fa a l'any 2017, el consum va seguir en augment fins situar-se a un 18% per sobre de l'any 2014, allunyant-se novament del objectiu establert. Malgrat aquest increment, s'aconsegueix mantenir estable la despesa econòmica gràcies a l'optimització de la contractació energètica.

Pel que fa a l'ETSEIB, en els mateixos informes SIRENA, s'observa una reducció del consum d'un 17% l'any 2017, degut al trasllat de departaments al Campus Diagonal Besòs. En matèria econòmica es va reduir la potència contractada a l'escola pels períodes de contractació P1-P5 fins a 900 kW i es va mantenir igual pel P6, en 1480 kW, obtenint un estalvi significatiu. Tanmateix, en el treball fi de màster *Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB* [4], es proposa reduir encara més el terme de potència pels períodes P1-P5 fins 674 kW.

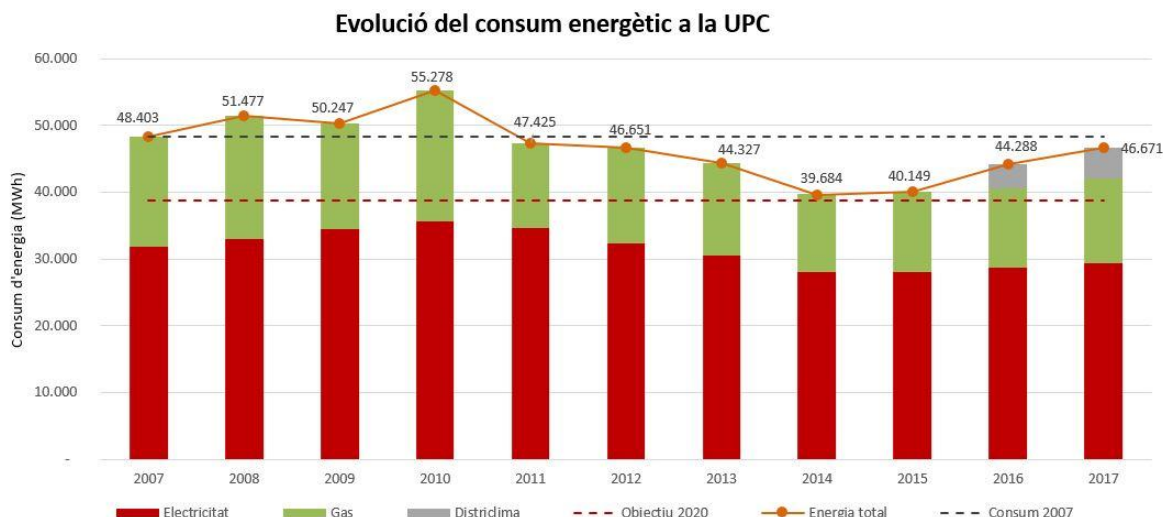


Figura 2.2 Evolució del consum energètic a la UPC. Font: Informe SIRENA 2017 [9]

Respecte a l'eficiència energètica, s'ha invertit en diversos projectes en els propis campus universitaris, per tal d'avançar cap al concepte d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB, de l'anglès: *Near Zero Energy Buildings*). Aquests edificis estarien dissenyats tenint en compte estratègies en favor de l'eficiència energètica, com ara: Incloure mesures passives per tal de reduir la demanda energètica, instal·lacions eficients, una gestió energètica òptima, etc. [10]

Particularment, a l'ETSEIB, s'han dut a terme projectes com ara el de les aules en clau d'eficiència energètica de l'edifici L [11]; el projecte BISOL [12], que consisteix en l'electrificació dels espais d'estudi de la biblioteca a partir d'energies renovables; o la implantació de la metodologia de millora contínua que proposa la norma ISO 50001 (Organització internacional per l'estandardització) [13].

Per l'altra banda, el treball de fi de grau Certificació energètica de l'edifici I de l'ETSEIB [14] recull el procés amb el que s'ha aconseguit la certificació energètica d'aquest edifici de l'escola. Tot i això, encara són molts els edificis de l'ETSEIB pendents d'obtenir aquest certificat.

Quant a l'ús d'energies renovables des del 2018 la UPC, així com la resta d'universitats que formen el CSUC (Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya), es contracta el 100% de l'energia amb garantia d'origen renovable [15].

Sobre la darrera línia clau, s'han citat en els darrers paràgrafs diversos estudis i projectes duts a terme per estudiants d'aquesta mateixa universitat, així com projectes implantats sobre instal·lacions de la UPC.

2.2. Sistemes de monitorització

Un sistema de monitorització és una instal·lació física i/o informàtica capaç de prendre mesures del seu entorn amb la finalitat de realitzar anàlisis posteriors, ja siguin anàlisis puntuals o de seguiment al llarg del temps.

Implementar un sistema de monitorització és una acció clau de cara a millorar l'eficiència energètica de qualsevol instal·lació o edifici. La normativa ISO 50001 estableix la monitorització com un dels requeriments més importants a l'àmbit de l'eficiència energètica elèctrica: "L'organització té el deure d'assegurar que les característiques clau de les seves operacions que determinen el rendiment energètic es segueixin, es mesurin i s'analitzin a intervals planificats" [16] (Cita textual traduïda del castellà).

Aquests sistemes poden constar d'un disseny molt senzill i compacte, com per exemple el comptador elèctric intel·ligent d'ús domèstic; o bé, poden constar de multitud de dispositius repartits per tot un edifici. Els dispositius emprats s'ajustaran a la quantitat i tipologia de les variables que es necessita enregistrar.

Sovint els sistemes de monitorització formen part de sistemes de control més complexos, els quals processaran la informació que reben dels sensors i conformaran una nova entrada pel controlador.

Perquè un sistema de seguiment pugui recollir i emmagatzemar dades, cal dotar-lo d'una xarxa d'aparells de mesura o sensors adequats per mesurar les variables que es pretenen monitoritzar. Un cop fet això, cal concentrar totes les dades obtingudes i emmagatzemar-les en una memòria física o via internet. Finalment les dades ja estan disponibles per ser visualitzades o analitzades.

2.2.1. Sistema SIRENA

La UPC compta amb el sistema d'informació del consum de recursos energètics i d'aigua en la UPC (SIRENA). Aquest instrument mesura diverses variables com ara la producció d'electricitat, o els consums elèctrics, de gas i d'aigua. Aquest projecte s'ha estès pels campus de la UPC i actualment compta amb més de 200 punts de lectura.

Les dades obtingudes es poden consultar obertament per internet a la web del SIRENA. Aquestes dades s'enregistren cada 15 minuts i estan disponibles a temps real. També és possible consultar dades de períodes anteriors, ja que la plataforma inclou el registre històric.

Adicionalment, mitjançant un procés d'autenticació, és possible accedir a una anàlisi més detallada via web, i que ofereix altres funcionalitats. D'altra banda, també es disposa del programari PowerStudio de Circutor el qual mostra paràmetres tècnics de les instal·lacions.

Pel que fa a les dades recollides pel sistema d'informació, la UPC publica un informe anual, l'informe SIRENA, en el que es revisa tota la informació obtinguda, i se n'extreuen conclusions de cara als objectius del Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica.

2.2.2. Sistema de monitorització a l'ETSEIB

El sistema de monitorització instal·lat actualment a l'ETSEIB està basat en instruments de la marca Circutor.

La instal·lació parteix dels analitzadors de xarxes, repartits per tota l'escola, que prenen les mesures elèctriques de cada secció. Aquests dispositius mesuren amb una alta precisió i són capaços de mostrar el veritable valor eficaç [17]. Hi ha variants tant per xarxes monofàsiques com trifàsiques. Els paràmetres que s'estan mesurant amb aquests aparells són els següents:

- Potència activa instantània [kW]
- Energia activa mesurada en un període de temps [kWh]
- Potència reactiva inductiva i capacitiva instantània [kvar]
- Energia reactiva inductiva i capacitiva mesurada en període de temps [kvarh]
- Factor de potència
- Distorsió harmònica

En la majoria dels pavellons i edificis de l'ETSEIB es disposa com a mínim de dos analitzadors de xarxes trifàsiques. Un primer analitzador realitza el seguiment del consum de l'enllumenat, i un o més dispositius monitoritzen el consum dels endolls. En els edificis de diverses plantes de mida considerable, el seguiment del consum dels endolls s'ha dividit per plantes, instal·lant un analitzador de xarxes a cada una, aquest és el cas del pavelló G o l'edifici H. A més a més, en aquelles plantes en les que, per qualsevol motiu, ha calgut diferenciar els consums d'alguna secció s'han instal·lat analitzadors de xarxes addicionals, com ara en el gimnàs ubicat en el pavelló I planta -1. La Taula 2.1 mostra tots els analitzadors de xarxes instal·lats a l'ETSEIB.

Localització	Analitzador	Localització	Analitzador
Bateria 1	CVM-MINI	H 0	CVM-MINI
Bateria 2	CVM-MINI	H 0 Calefacció	CVM-MINI
Transformador 1	CVM-NRG 96	H 1	CVM-MINI
Transformador 2	CVM-NRG 96	H -1 -2	CVM-MINI
Transformador 3	CVM-NRG 96	H 1 Bar	CVM-MINI
		H 1 Climatització	CVM-MINI
B -1 L Comú	CVM-MINI	H -1 Dispensari	CVM-MINI
B Enllumenat	CVM-MINI	H 1 Informàtica	CVM-MINI
B Força 1	CVM-MINI	H -1 Res. de materials	CVM-MINI
B Força 2	CVM-MINI	H 10	CVM-MINI
		H 11	CVM-MINI
C Enllumenat	CVM-MINI	H 2	CVM-MINI
C Força	CVM-MINI	H 3	CVM-MINI
		H 4	CVM-MINI
C Prima	CVM-MINI	H 5	CVM-MINI
		H 6	CVM-MINI
D -1 Tec. Mec.	CVM-MINI	H 7	CVM-MINI
D Enllumenat	CVM-MINI	H 8	CVM-MINI
D Força	CVM-MINI	H 9	CVM-MINI
		H Ascensors	CVM-MINI
E Enllumenat	CVM-MINI	H Coberta telefonia	CVM-MINI
E Força 1	CVM-MINI		
E Força 2	CVM-MINI	I 0 -1	CVM-MINI
		I 1	CVM-MINI
F Enllumenat	CVM-MINI	I -1 Gimnàs	CVM-MINI
F Força	CVM-MINI	I Clima. Biblio. I sala d'actes	CVM-MINI
G -1 Ala nord	CVM-MINI	L	CVM-MINI
G Enllumenat	CVM-MINI	L Climatització	CVM-NRG 96
G Força 1	CVM-MINI	L Enllumenat	CVM-NRG 96
G Força 2	CVM-MINI	L Força	CVM-NRG 96
		LS 5 i LS 6 Climatització	CVM-NRG 96
		LS 5 i LS 6 Enllumenat	CVM-NRG 96
		LS 5 i LS 6 Força	CVM-NRG 96

Taula 2.1 Llistat d'analitzadors de xarxes instal·lats a l'ETSEIB

Existeix una dificultat afegida en la instal·lació dels analitzadors de xarxes, doncs aquests aparells han de ser capaços de mesurar el corrent elèctric per la xarxa. Pels edificis amb un elevat consum d'electricitat circula també un elevat corrent, i sovint la magnitud d'aquest corrent elèctric a mesurar escapa del rang d'amperatge admissible pel CVM. Per tal de garantir el correcte funcionament de l'analitzador de xarxes, cal instal·lar prèviament un transformador de corrent a cada fase que adequi les dades de corrent elèctric d'entrada. En el cas de l'ETSEIB, els transformadors de corrent instal·lats són de tipus toroïdal.

A l'ETSEIB, les dades recollides pels analitzadors de xarxes s'envien a un gestor energètic de la sèrie EDS. Aquest altre dispositiu és l'encarregat de concentrar les dades i mostrar els resultats. La informació es pot visualitzar per la pantalla del propi aparell en forma de taula o de gràfic. Addicionalment, el concentrador de dades s'encarrega d'enviar la informació a un servidor mitjançant una connexió ethernet, això permet visualitzar les dades recollides online i/o en el programari PowerStudio. Tal i com ja s'ha esmentat en el subapartat precedent, la UPC disposa de l'eina online SIRENA per visualitzar aquestes dades.

El gestor energètic també disposa de la capacitat de registrar i gestionar esdeveniments de forma automàtica. És possible programar-lo per tal que, davant d'unes determinades condicions, actuï sobre altres sistemes d'una instal·lació gràcies a les seves sortides digitals, per exemple apagant o encenent les lluminàries. A més a més, el gestor energètic està dotat d'un sistema d'alarmes notificables via correu electrònic. També és possible configurar el dispositiu perquè reaccionï automàticament quan es disparen certes alarmes.

Des del 9 de maig de 2018 no es disposen dades provinents del sistema de monitorització instal·lat a l'ETSEIB. Una avaria en el sistema informàtic encarregat d'emmagatzemar i enviar les dades tant al PowerStudio com a la plataforma SIRENA, impedeix la normal obtenció d'aquesta informació.

3. Anàlisi del consum elèctric a l'edifici H de l'ETSEIB

En aquest capítol es pretén analitzar el consum elèctric de tot l'ETSEIB. En primer lloc es tenen en compte altres treballs sobre l'àmbit de l'eficiència energètica, tant en la UPC com a l'ETSEIB, que han servit de base per a la realització d'aquest treball. Seguidament es presenta la metodologia que s'emprarà per a l'anàlisi, i els estudis realitzats prèviament que justifiquen l'ús d'aquesta metodologia.

Per començar s'ha tingut en compte el treball de fi de grau Estudi dels factors clau per a l'estalvi energètic assolit a la UPC [18]. Aquest estudi explica exhaustivament com ha evolucionat el consum [kWh] i la despesa [€] en electricitat a la UPC els darrers anys.

D'aquest treball se'n poden extreure diverses conclusions relacionades amb la tria d'un indicador de consum. Per tal de comparar diversos campus universitaris, es fa servir el consum anual per metre quadrat [kWh/m²]. L'autor adverteix de les limitacions d'aquest indicador, que resulta no ser adequat per representar els consums energètics d'alguns campus, per exemple el campus situat a Manresa. Aquest indicador fallaria a l'hora de representar altres factors que determinarien el consum elèctric, com ara la tipologia de l'edifici, l'ús que se'n fa o l'ocupació. Finalment, no només l'autor d'aquest treball de fi de grau, també d'altres [19], proposen considerar l'ocupació mitjançant la quantitat d'usuaris, obtenint així un altre possible indicador: el consum per usuari.

El treball de fi de màster *Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB* [4] es centra sobre l'escola i es comparen els diversos edificis que la formen. En aquest document es pot comprovar que l'edifici més consumidor de l'ETSEIB és també el de major envergadura, l'edifici H, destacat sobre la resta amb un consum de 1087 MWh. Els següents pavellons amb major consum durant el 2017 van ser el G amb 258 MWh, el I amb 195 MWh i el C' amb 182 MWh.

El present treball es centra en l'edifici o pavelló més consumidor, l'H. En aquest edifici es disposa de diversos analitzadors de xarxes que permeten conèixer el consum elèctric de cada planta i també d'altres espais o maquinària que ha estat convenient mesurar per separat (com ara el bar o els ascensors).

De la Figura 3.1 s'observa que la planta més consumidora de l'edifici és la 8, seguida de l'11 i el soterrani -1. Les tres plantes esmentades contenen laboratoris, despatxos i aules com moltes altres plantes. Com a tret distintiu, a la planta 8 s'hi pot trobar el centre de càlcul de l'escola, a la planta 11 els laboratoris de l'Institut d'Organització i Control de sistemes industrials (IOC), i al soterrani -1 el departament de resistència de materials també amb els seus respectius laboratoris.

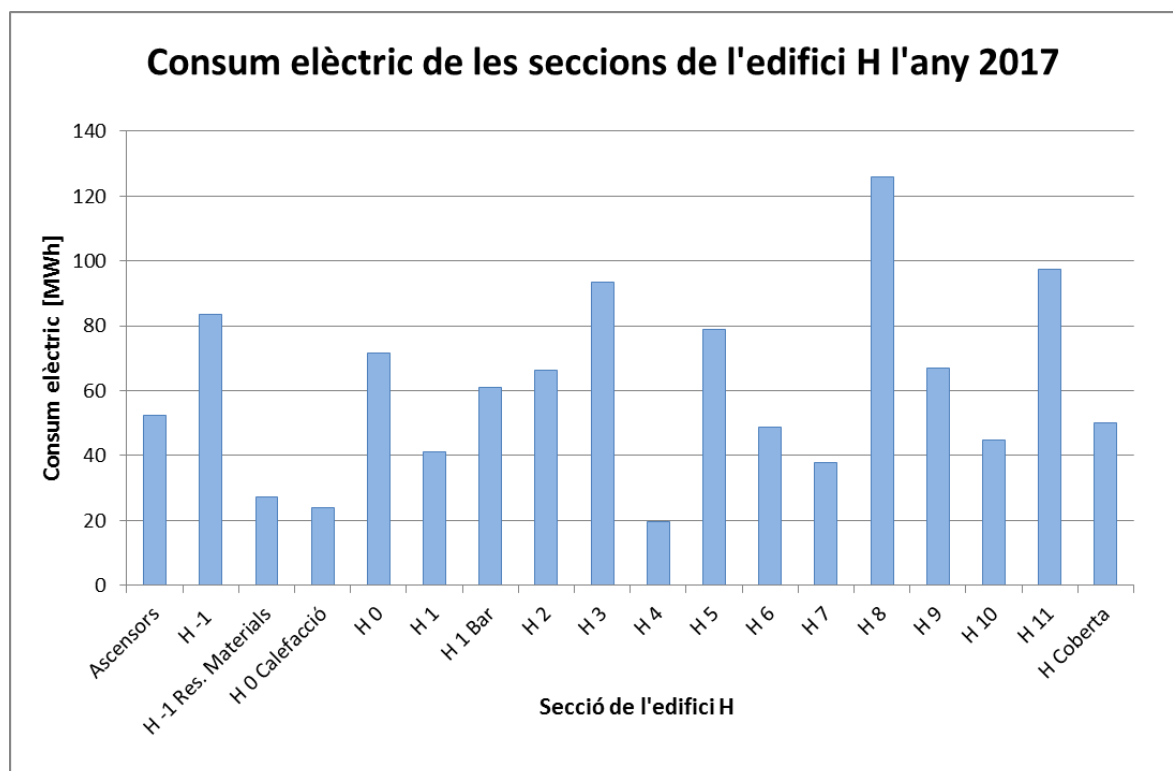


Figura 3.1 Consum elèctric de les seccions de l'edifici H l'any 2017

En aquest treball també s'observen les diferències de consum segons l'ocupació de l'escola i l'època de l'any. Aquests són possibles indicadors del consum elèctric que seria prudent tenir en compte.

Per tal de dur a terme la present anàlisi del consum elèctric de l'edifici H de l'ETSEIB, s'ha buscat enumerar tots els possibles factors indicadors del consum elèctric. Els factors indicadors s'han classificat en les quatre categories que es proposen en el estudi [20], un estudi que pretén establir un marc de referència per a l'anàlisi del consum elèctric d'edificis dels campus universitaris.

Les quatre categories, i alguns exemples de factors indicadors, són els següents:

- Paràmetres meteorològics: Temperatura exterior, velocitat del vent, hores de sol, etc.
- Informació bàsica de l'edifici: Antiguitat de l'edifici, superfície total construïda, orientació (assolellament), quantitat de pisos, materials i qualitat de les parets i tancaments, etc.
- Informació de l'interior: Tipologia del diferents espais, capacitat màxima, densitat de potència instal·lada en lluminàries o equipaments, etc.

- Paràmetres d'ocupació: Calendaris i horaris d'ocupació de l'edifici, quantitat d'estudiants o personal, etc.

En els següents subapartats es detalla l'elecció dels factors indicadors més representatius, com s'han obtingut les dades, i l'estat de l'escola en cada un dels àmbits a estudiar. Finalment, a l'apartat 3.5 s'analitza l'evolució del consum elèctric al llarg de l'any 2017 mitjançant una regressió lineal múltiple tenint en compte els paràmetres escollits.

3.1. Meteorologia

La primera categoria de factors indicadors del consum elèctric a analitzar, són els paràmetres meteorològics. Per tal d'observar la influència d'aquests factors, s'ha considerat oportú comparar el consum elèctric mitjà diari de cada mes de l'any, amb diverses variables representatives de la climatologia.

S'han obtingut les dades del Servei Meteorològic de Catalunya, concretament de l'Estació Meteorològica Automàtica (EMA) de la zona universitària [21], la més propera a l'escola.

A la Taula 3.1 es mostren les diverses variables que s'han analitzat i el resultat d'una anàlisi de correlació lineal amb el consum elèctric per tal de filtrar aquelles més rellevants.

Variable meteorològica analitzada	Coefficient de correlació amb el consum elèctric mensual [MWh]
Temperatura, mitjana mensual [°C]	-0,6925
Precipitació mensual [mm]	-0,0186
Nombre de dies de precipitació ($PPT \geq 0,1$ mm)	-0,3365
Velocitat del vent, mitjana mensual [m/s] (a 10 metres d'alçada)	0,5182
Humitat relativa, mitjana mensual [%]	-0,2780
Irradiació solar global diària, mitjana mensual [MJ/m ²]	-0,4561
Pressió atmosfèrica a nivell de l'EMA, mitjana mensual [hPa]	0,2799

Taula 3.1 Coeficients de correlació de Pearson entre les variables meteorològiques i el consum elèctric de l'edifici H

Dels resultat obtinguts, destaca la forta correlació lineal amb el consum elèctric de les següents variables: Temperatura, velocitat del vent i la irradiació solar; ordenades respectivament de major a menor coeficient de correlació, en valors absoluts.

El valor absolut d'un coeficient de correlació varia de 0 a 1, de manera que el zero indicaria manca total de correlació i l'1 una perfecta correlació entre les dues variables. Els coeficients de correlació positius expressen una relació directa (el valor d'una variable augmentaria si augmentés el valor de l'altra), com és el cas de la velocitat del vent amb el consum elèctric mensual. En canvi, els coeficients de correlació negatius expressen una relació inversa entre les variables, com és el cas de la temperatura o la irradiació solar amb el consum elèctric.

En la Figura 3.2 es mostren les sèries de valors del consum elèctric i de les variables meteorològiques més rellevants de forma gràfica. La velocitat del vent s'ha canviat d'unitats, de metres per segon a kilòmetres per hora, per facilitar la seva visualització.

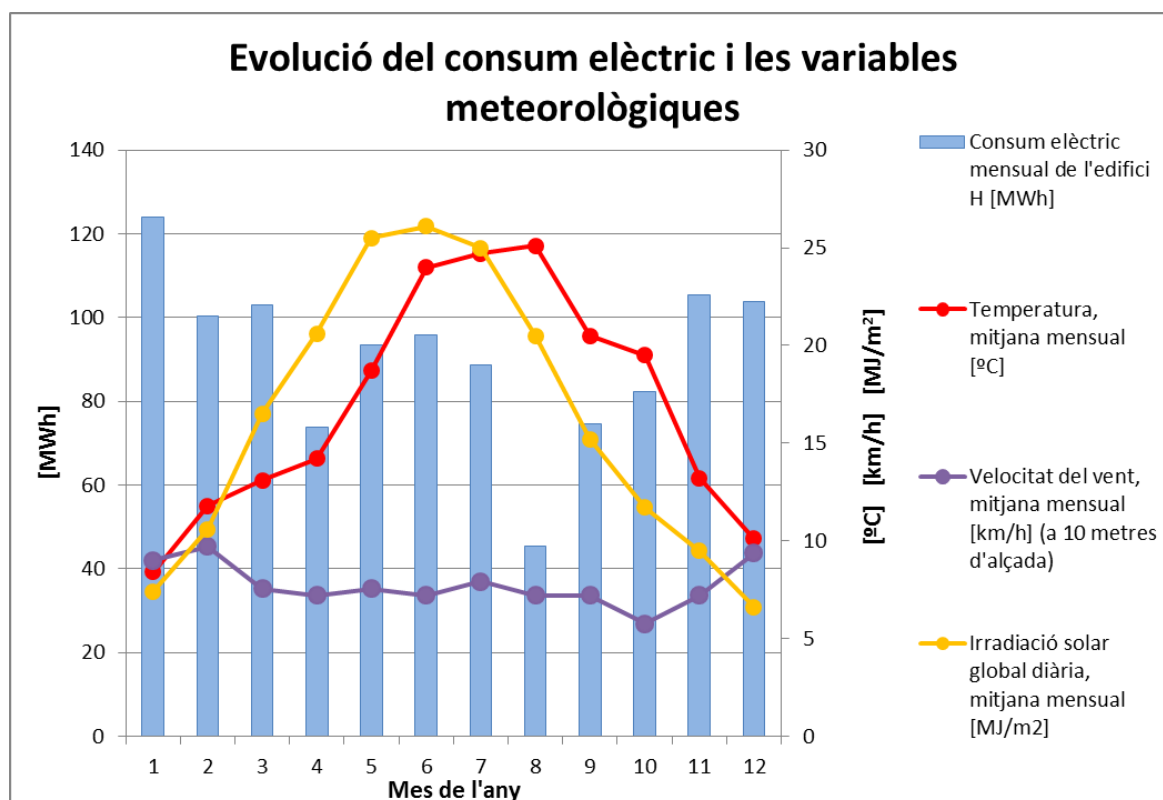


Figura 3.2 Evolució del consum elèctric de l'edifici H i de les variables meteorològiques més correlacionades

En la sèrie de dades del consum elèctric es pot observar una tendència a la baixa en els mesos de més calor de l'any i un augment en els mesos més freds, és a dir, una correlació negativa amb la temperatura. Aquest consum segueix una tendència clara però que es veu interrompuda els mesos d'abril i agost, on els períodes de vacances guanyen protagonisme, i degut a la baixa activitat el consum disminueix. També es pot observar que les dades de la velocitat del vent es comporten de la mateixa manera que el consum elèctric, obtenint els valors més alts als mesos més freds.

Una explicació per aquesta relació inversa entre el consum elèctric i la temperatura podria ser l'ús d'aparells elèctrics de calefacció. En les dades del consum elèctric també s'observa un repunt al maig, juny i juliol; que podria relacionar-se amb un major ús dels aparells d'aire condicionat. Seguint aquest raonament els mínims de consum es trobarien en els mesos d'entre temps, en els que no caldria fer ús de cap d'aquests aparells. Contràriament, el mínim de consum es troba en el mes d'agost, on altres factors, possiblement la baixa ocupació de l'edifici, sembla que tenen un impacte major.

Cal adonar-se que la irradiació solar, la temperatura i la velocitat del vent són variables meteorològiques que també estan relacionades entre sí. Això es pot comprovar a l'estudiar la correlació entre elles (Taula 3.2).

Variable meteorològica analitzada	Coefficient de correlació amb la temperatura [°C]
Velocitat del vent, mitjana mensual [m/s] (a 10 metres d'alçada)	-0,5824
Irradiació solar global diària, mitjana mensual [MJ/m ²]	0,7656

Taula 3.2 Correlació entre les variables meteorològiques més rellevants

De cara a explicar el comportament del consum elèctric, interessa triar factors indicadors que siguin independents entre si. És per això, que de tots els factors meteorològics es tria la temperatura mitjana mensual com variable explicativa, ja que les altres dues no aportarien informació addicional a l'estar relacionades entre si, i la temperatura és el factor que ha resultat tenir major correlació amb el consum elèctric.

3.2. Informació bàsica de l'edifici

En aquesta categoria de factors indicadors del consum elèctric s'agrupen tot un seguit d'aspectes relatius a l'àmbit de l'edificació.

En primer lloc, s'inclouen en aquesta categoria indicadors de la dimensió de l'edifici com són el nombre de pisos, l'alçada dels pisos i la superfície construïda. Per tal de comparar edificis de diferents mides, o seccions dels mateixos, és habitual estudiar el consum elèctric per unitat de superfície (construïda).

En segon lloc, es tenen en compte factors relacionats amb la transferència de calor a través de les parets i tancaments, així com altres variables vinculades al condicionament de l'interior de l'edifici. Alguns possibles indicadors són: el material dels murs exteriors, l'antiguitat de l'edificació, el material dels vidres de les finestres exteriors, els materials de la fusteria o fusteria metàl·lica de les finestres, el mètode constructiu i l'assolellament.

Molts d'aquests paràmetres no es poden incloure en el següent capítol d'aquest estudi, ja que s'està comparant el consum elèctric dins d'un mateix edifici, en el que aquests factors romanen constants. De qualsevol manera, aquests elements mereixen ser revisats per tal de conèixer el seu estat actual i determinar la seva importància.

L'ETSEIB en l'actualitat està ubicada en un solar en el que s'hi ha construït diversos edificis. L'edifici H però, va ser una de les primeres construccions, i data de l'any 1964, construït per l'arquitecte Robert Tarradas. Més endavant es van anar incorporant nous pavellons i modificacions, fins arribar al darrer, l'edifici L.

L'edifici H consta de 13 plantes: una planta baixa que en realitat es troba elevada mitja planta respecte l'avinguda Diagonal, onze plantes construïdes sobre la planta baixa, i una planta -1 que quedaria semisoterrada respecte l'avinguda Diagonal però, degut al pendent del carrer contigu, el carrer Pascual i Vila, finalment queda a la mateixa cota del carrer. En la Figura 3.3 s'observen en primer pla els pisos -1 i 0, per sobre d'aquests la terrassa de la cafeteria i la resta de plantes. L'alçada de cada planta és aproximadament de quatre metres.

En relació a les façanes de l'edifici, de la segona planta fins la darrera totes presenten uns murs exteriors idèntics, compostats per un mur de maons arrebossat amb cambra d'aire a l'interior i grans finestres muntades en una estructura de ferro. Aquesta composició es repeteix en gairebé la totalitat del perímetre, exceptuant alguns murs (Figura 3.4). En la planta primera i planta baixa, s'alterna el tipus de façana anterior i una façana alternativa amb vidre de dalt a baix muntat sobre marcs de ferro. Aquest segon tipus de façana es troba sobretot al voltant dels patis interiors. La planta -1 està dotada de finestres amb persianes només en el mur que recorre el llarg del carrer Pascual i Vila. (Figura 3.3)

El principal problema de les façanes és el seu elevat coeficient de transmissió tèrmica (U [$W/m^2 \cdot K$]) [14], degut a l'antiguitat de les tecnologies i materials emprats. Des del 2013, la normativa exigeix que les façanes presentin una transmissió tèrmica baixa, limitant el valor d'aquest coeficient segons la regió climàtica on es troba l'edifici. Per la regió climàtica on es troba l'escola, el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) imposa una U de com a màxim $0,75 W/m^2 \cdot K$ en els murs i $3,10 W/m^2 \cdot K$ en les obertures [22].

Des del punt de vista de la eficiència energètica, interessa que les façanes, terres i sostres de l'edifici tinguin una transmissió tèrmica reduïda, de tal manera que es redueixin les pèrdues de calor durant els mesos freds, i s'aïlli el màxim possible l'edifici de la calor exterior durant els mesos més càlids de l'any.



Figura 3.3 Façana lateral de l'edifici H des del carrer Pasqual i Vila. Font: Google.com/maps



Figura 3.4 Façana de vidre de les plantes 0 i 1 de l'edifici H vista des d'un dels patis interiors. Font: Foursquare.com

En el projecte de fi de grau Propostes de Millora Energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB [23], s'analitzen les façanes de l'edifici I de l'ETSEIB de característiques similars, i construït simultàniament a l'edifici H [24]. En l'estudi citat, aquestes façanes amb mur de l'edifici I obtindrien transmitància U de $1,57 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. La situació empitjora si es té en compte que els vidres d'origen estan compostats per una única làmina de 6 mil·límetres de gruix, resultant en una transmitància de $5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, absolutament desfavorable.

Així doncs, l'escola ocupa un edifici antic, de més de 50 anys, i que presenta unes grans deficiències pel que fa a la qualitat dels seus tancaments. Aquests paràmetres no es tenen en compte en el següent capítol d'aquest treball ja que són un fet comú a totes les plantes de l'edifici que es pretén comparar. Per tant, les variables que s'estudien en l'apartat 4.2 són la superfície total construïda i l'assolellament.

3.3. Informació de l'interior

La següent categoria de possibles factors indicadors del consum elèctric en edificis dels campus universitaris engloba els paràmetres relatius al tipus d'ús que se li dona a un espai. En aquesta categoria també s'inclouen variables com ara la quantitat (o potència total instal·lada) en aparells de condicionament d'aire o lluminàries, ja que són magnituds que podrien estar vinculades amb la funció assignada a cada espai.

Per tal d'analitzar la distribució de l'interior de l'edifici H, s'han seleccionat les variables indicadores emprades en dos estudis diferents [25], [26], on s'analitzen els consums elèctrics de diversos edificis universitaris. En aquests estudis s'ha enregistrat la superfície total de cada edifici, i quin % d'aquest total està dedicat a cada tipus d'ús. Partint d'aquests treballs de referència s'ha optat per la següent classificació:

- Espai comú
- Aules
- Aules d'informàtica
- Laboratoris
- Despatxos/oficines
- Serveis

Cal esmentar algunes variacions en relació als estudis mencionats: s'ha distingit entre les aules de docència i les aules d'informàtica, ja que les segones disposen d'una gran quantitat d'ordinadors instal·lats pels alumnes a més dels equips a disposició del professor, que són equivalents en els dos casos.

Un altre canvi ha sigut incloure els magatzems a la categoria d'espais comuns per similituds amb aquests en termes de potència instal·lada en aparells elèctrics (gairebé exclusivament lluminàries). En els treballs citats els magatzems figuraven en la categoria de serveis, però en el cas de l'ETSEIB aquesta categoria està composta per instal·lacions amb un perfil de consum radicalment diferent (com ara habitacions de servidors o un centre de càlcul) i les dades referents als magatzems esdevenien anomalies estadístiques degut al seu baix consum. A més, els espais dedicats exclusivament a emmagatzematge no es consideren suficients com per afegir una nova categoria.

Finalment, s'ha suprimit la categoria d'esbarjo, perquè l'edifici H no conté aquest tipus d'instal·lacions.

De cara a la realització d'aquesta anàlisi s'ha elaborat un esquema de la distribució de l'espai de cada planta de l'edifici H, i s'ha obtingut una estimació de la superfície dedicada a cada categoria d'ús. Aquests esquemes s'han elaborat mitjançant el programa AutoCAD i s'adjunten a l'Annex A. D'aquest recurs s'extreu la informació pel conjunt de l'edifici H (Taula 3.3).

Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Fracció del total [%]
Aules	2968,72	14,74
Aules d'informàtica	1069,51	5,31
Despatxos	6363,39	31,59
Espai comú	6226,41	30,91
Laboratoris	3020,21	14,99
Serveis	497,94	2,47
Total	20146,18	100,00

Taula 3.3 Distribució de la superfície de l'edifici H segons tipus d'espais

Cal comentar que no s'ha inclòs en aquesta anàlisi l'espai que ocupen els ascensors, el de la cafeteria ubicada a la planta 1, i les instal·lacions del soterrani que no corresponen al departament de resistència de materials. Els ascensors i les instal·lacions del soterrani s'han exclòs perquè són consums molt difícils de comparar degut a la seva naturalesa tant diferent de la resta. El bar s'ha exclòs de l'estudi ja que la seva gran superfície el converteix en una anomalia estadística per a la categoria de serveis, aquest fet el fa exercir de punt de palanca, modificant severament els resultats. S'ha aprofitat que es disposa d'un analitzador de xarxes dedicat específicament a cada un d'aquests consums per excloure'ls de l'anàlisi.

Les variables presentades en aquest apartat es faran servir en el capítol següent per comparar el consum elèctric entre les plantes de l'edifici H. Per tal d'elaborar els esquemes de la distribució dels espais a les plantes de l'edifici H (annex A) s'han visitat les instal·lacions el febrer de l'any 2019, durant l'elaboració d'aquest estudi. Com ja s'ha mencionat a l'abast d'aquest projecte, s'assumeix que la distribució i tipologia d'ús dels espais de l'edifici H a l'actualitat és equivalent a la que es podia trobar al llarg de l'any 2017.

3.4. Calendaris i horaris d'ocupació

La darrera categoria de factors indicadors del consum elèctric comprèn aquelles variables que informen sobre el grau de sol·licitació al que es troba sotmès un espai. Diversos estudis han constatat amb anterioritat l'efecte significatiu de l'ocupació en el consum elèctric dels edificis [20], [25]–[28]. En aquests estudis s'han emprat els següents indicadors: quantitat d'ocupants, obertura o tancament de les instal·lacions, escriptoris o llocs de treball, i presència o absència de persones en un espai.

En l'anàlisi del consum elèctric de tota l'ETSEIB dut a terme pel Raúl Álvarez en el seu TFM [4] s'observen diferències en el consum elèctric segons si el dia analitzat pertany a un període lectiu o no lectiu, i també discriminat segons l'època de l'any (hivern/estiu). Com es mostra a les Figures 3.5-3.8.

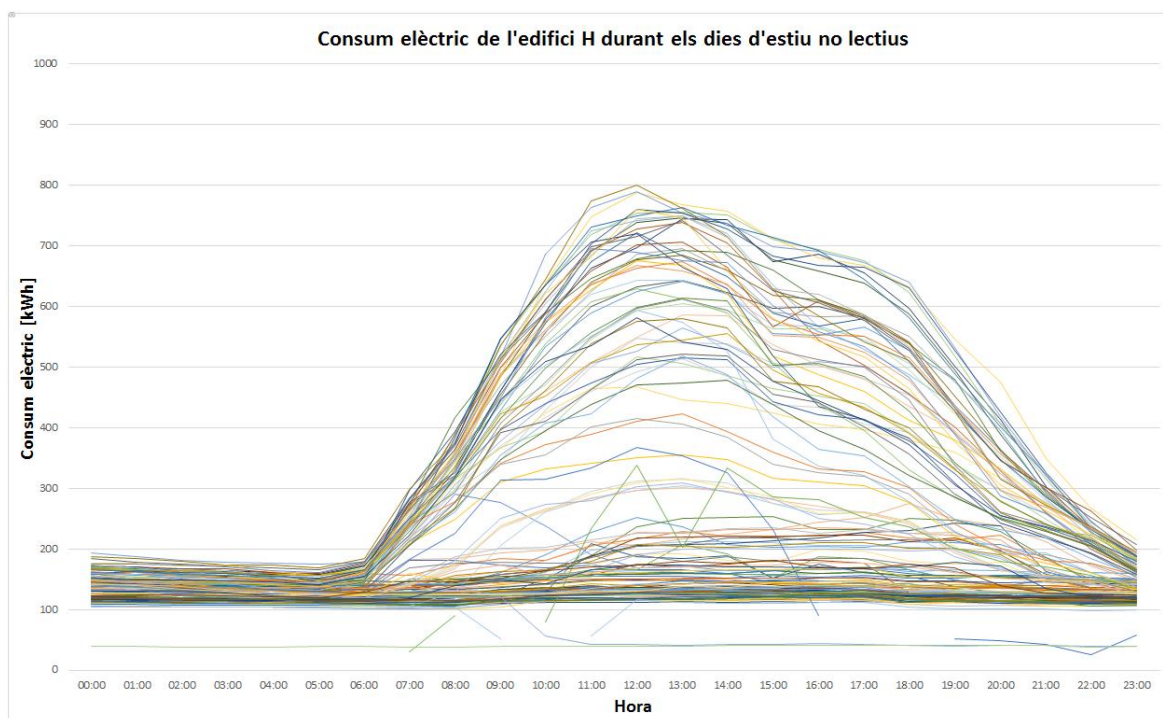


Figura 3.5 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'estiu no lectius. Font: *Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB* [4].

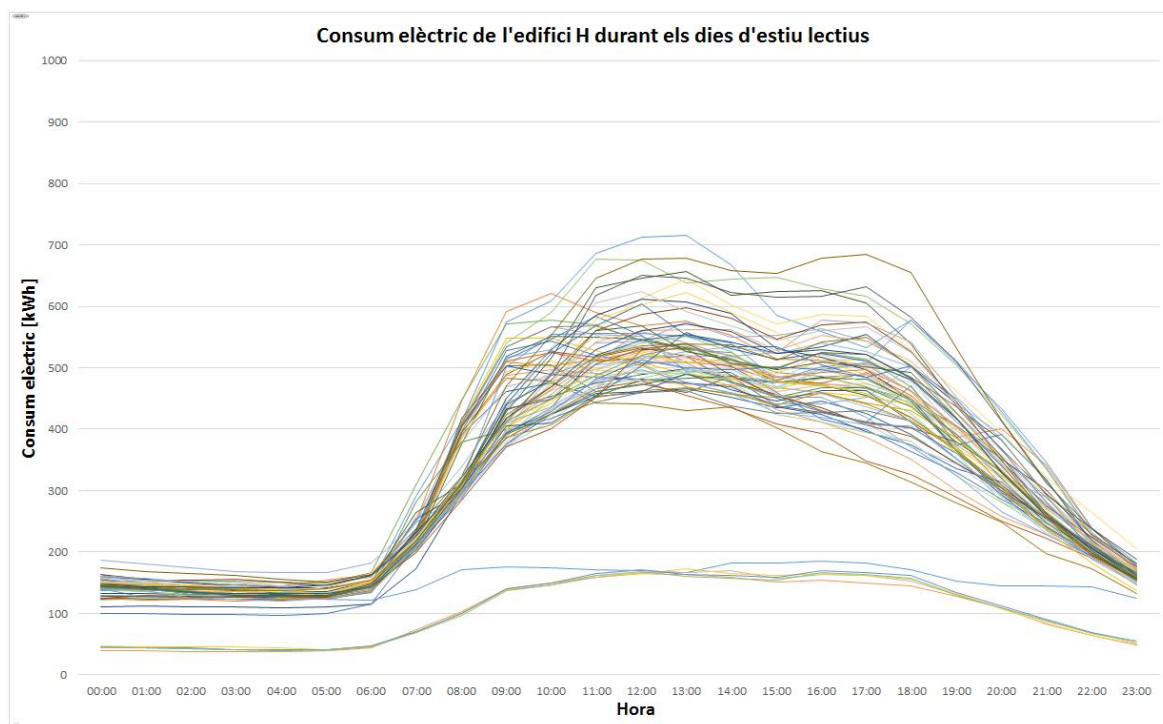


Figura 3.6 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'estiu lectius. Font: *Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB* [4].

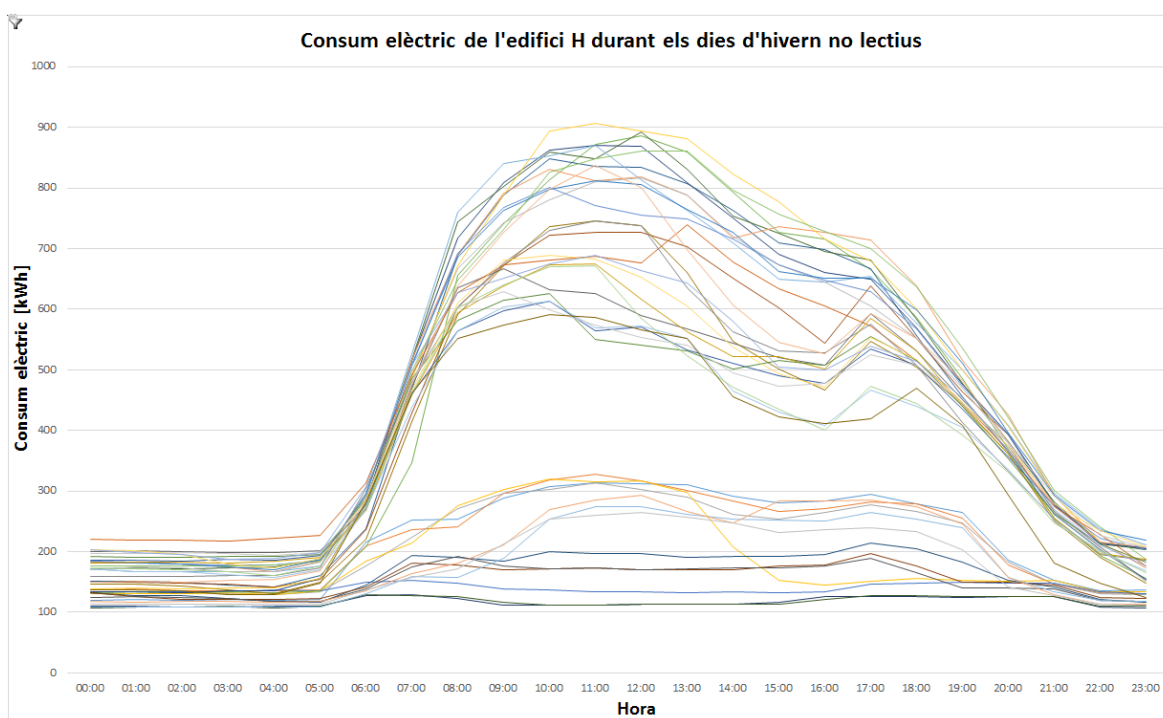


Figura 3.7 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'hivern no lectius. Font: *Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB* [4].

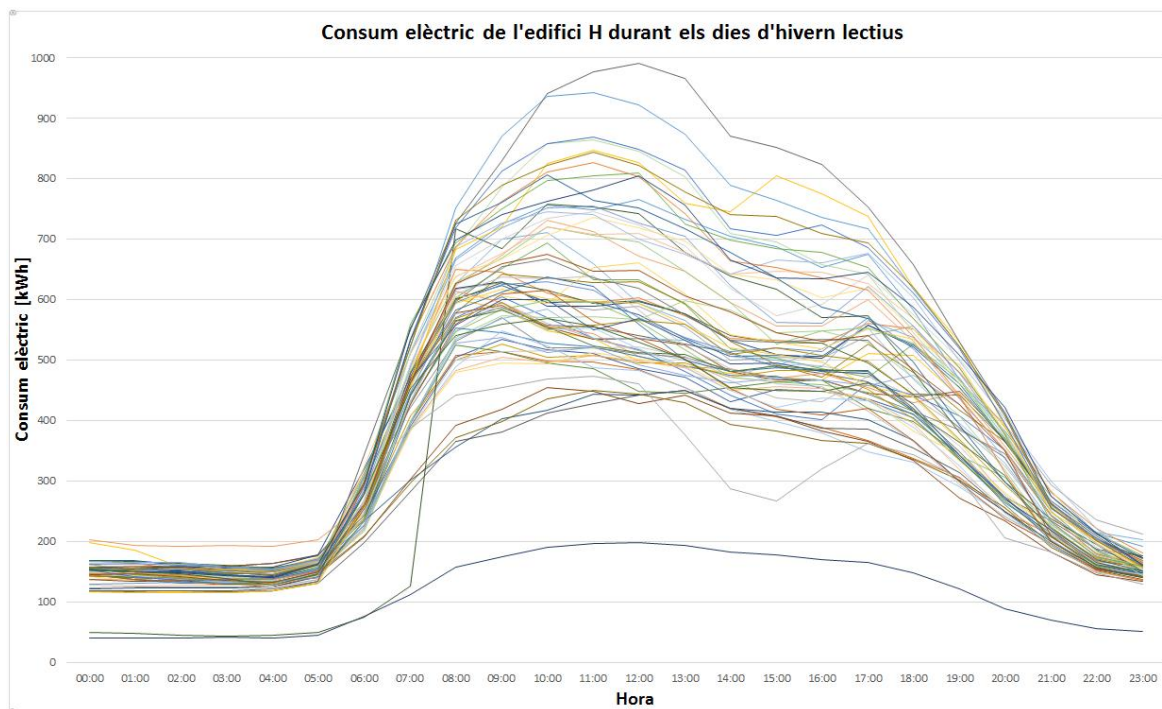


Figura 3.8 Consum elèctric horari de l'edifici H durant els dies d'hivern lectius. Font: *Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB* [4].

En els gràfics de les figures 3.5-3.8 s'observa que l'horari d'activitat de l'escola és de les 6 a les 21 hores aproximadament i que, indiferentment de l'època de l'any, existeix un consum residual d'entre 100 i 200 kWh. Els gràfics corresponents a l'hivern mostren corbes amb un consum a les hores pic major que les relatives a l'estiu. Aquestes hores pic en tots els casos es situen entorn les 12 del migdia. A més a més, els dies no lectius, tant d'estiu com d'hivern, s'identifiquen dos grups diferenciats de corbes: un primer grup d'activitat semblant als dies lectius, que corresponen a les èpoques d'exàmens, avaluacions curriculars, etcètera; i un segon grup corresponent als caps de setmana i festius, sovint amb un lleuger consum per damunt del consum residual, possiblement degut a l'ocupació de les sales d'estudi i la biblioteca quan els estudiants preparen els exàmens.

Per la realització d'aquest projecte s'ha accedit a diversos conjunts de dades per tal d'estimar l'ocupació de l'edifici H. En primer lloc, s'ha obtingut el calendari acadèmic de l'any 2017 (Figura 3.9), corresponent majoritàriament al quadrimestre de primavera del curs 2016-2017 i al quadrimestre de tardor del curs 2017-2018. En aquest calendari també es classifiquen els diferents dies de l'any segons el tipus d'activitat que es realitza a l'escola.

Es pretén trobar un indicador de l'ocupació per cada tipus d'espai, ja que l'ús que se'n fa pot variar sensiblement segons el moment del curs escolar que s'analitzi.

Calendari acadèmic de l'ETSEIB de l'any 2017

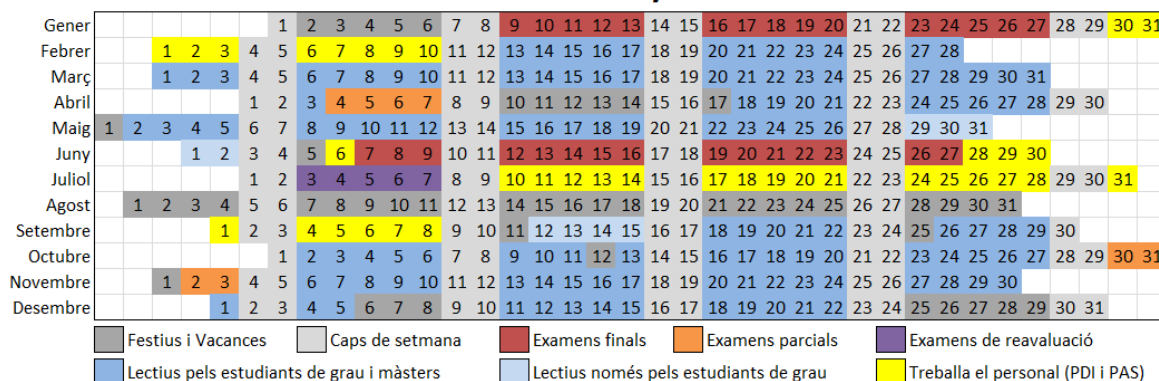


Figura 3.9 Calendari acadèmic de l'ETSEIB de l'any 2017

Com indicador de l'ocupació dels despatxos i oficines es proposa la quantitat de dies de cada mes en els que treballa el personal del centre, és a dir, tots els dies del mes excepte caps de setmana, festius i vacances (Taula 3.4). Aquest indicador inclou el Personal Docent i Investigador (PDI) i el Personal d'Administració i Serveis (PAS).

Mes	Consum H [MWh]	Ocupació personal [dies]	Ocupació aules [hores]
Gener	120,10	17	1400,0
Febrer	98,53	20	2713,5
Març	100,72	23	5237,5
Abril	72,33	14	2569,5
Maig	91,61	22	4693,5
Juny	93,66	21	1386,0
Juliol	87,70	21	448,0
Agost	44,92	0	0,0
Setembre	73,54	19	2174,0
Octubre	80,63	21	3861,0
Novembre	102,91	21	3791,0
Desembre	100,99	13	2449,0

Taula 3.4 Consum de l'edifici H i variables d'ocupació

Per obtenir un paràmetre d'ocupació de les aules s'han consultat les hores de classe programades per cada aula de l'edifici H. Aquestes dades han estat proporcionades per la consergeria de l'escola, i d'elles s'ha obtingut la quantitat d'hores de classe programades cada dia de la setmana en cada aula, discriminades segons si corresponen als estudis de grau o màster (ja que el calendari acadèmic no és igual pels dos). Aquest procés s'ha repetit per l'altre quadrimestre de l'any, en el que la programació de les classes canvia. S'han tingut en compte tant els horaris de les classes programades per tot el quadrimestre com les hores en les que una aula es va reservar de forma excepcional, per exemple per a la realització de pràctiques.

L'ocupació de les aules durant els diferents períodes d'exàmens (parcials, finals i de reavaluació) s'ha obtingut dels calendaris d'exàmens corresponents de l'any 2017 (cursos acadèmics 2016-2017 i 2017-2018).

Així mateix, s'ha obtingut la quantitat d'hores de cada mes en què les aules i aules d'informàtica tenien activitats programades. Aquesta informació es mostra en l'Annex B. Sumant els valors de totes les aules de l'edifici H, s'obté el total d'hores d'ocupació de les aules de l'edifici H per cada mes de l'any 2017 (Taula 3.4).

Tot seguit es mostra, mitjançant un diagrama de punts i una recta de regressió, la correlació lineal entre les variables indicadores de l'ocupació i el consum elèctric de l'edifici H. Addicionalment, es mostra en el gràfic el coeficient de determinació R^2 (Figura 3.10 i Figura 3.11).

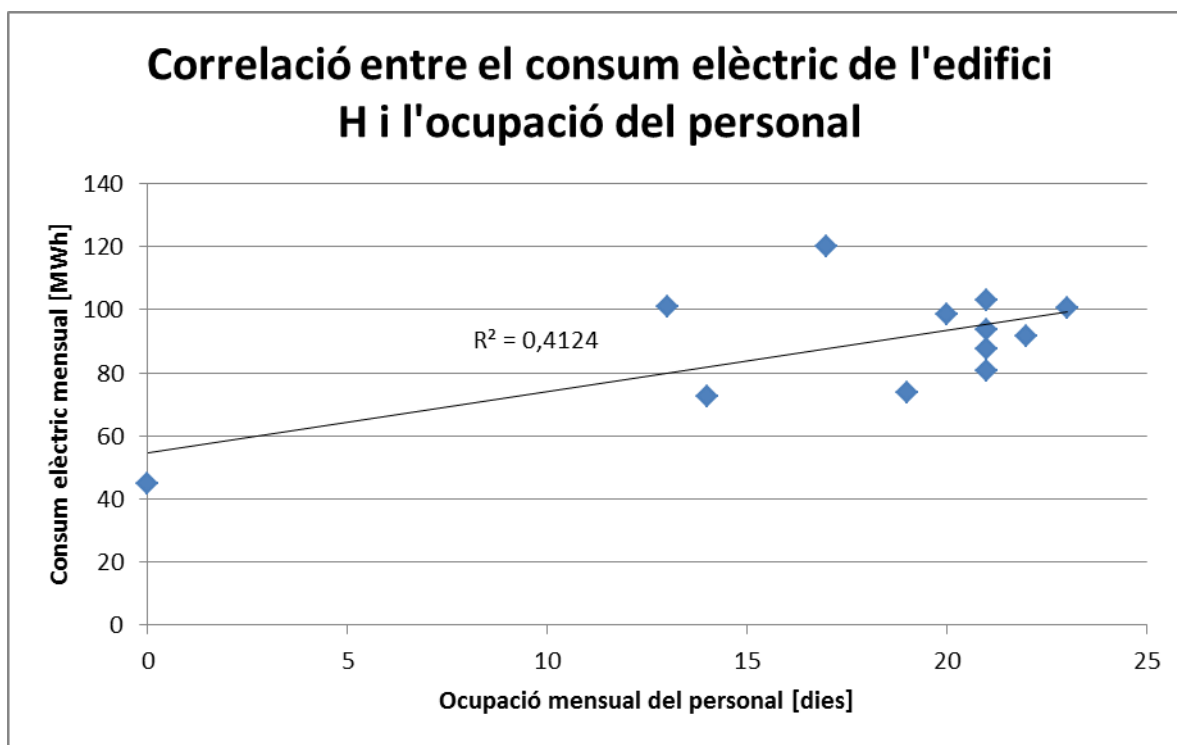


Figura 3.10 Correlació entre el consum elèctric de l'edifici H i l'ocupació del personal

A la Figura 3.10 s'observa una correlació moderada de l'ocupació dels despatxos i oficines amb el consum elèctric. Per contra, a la Figura 3.11, l'ocupació de les aules no sembla estar gaire correlacionada amb el consum elèctric. A més, en els dos casos s'observa que el punt relacionat amb el mes d'agost (ocupació zero) exerceix una gran influència sobre la recta de regressió, forçant el pendent ascendent, ja que la distribució de la resta de punts no insinua cap tendència concreta.

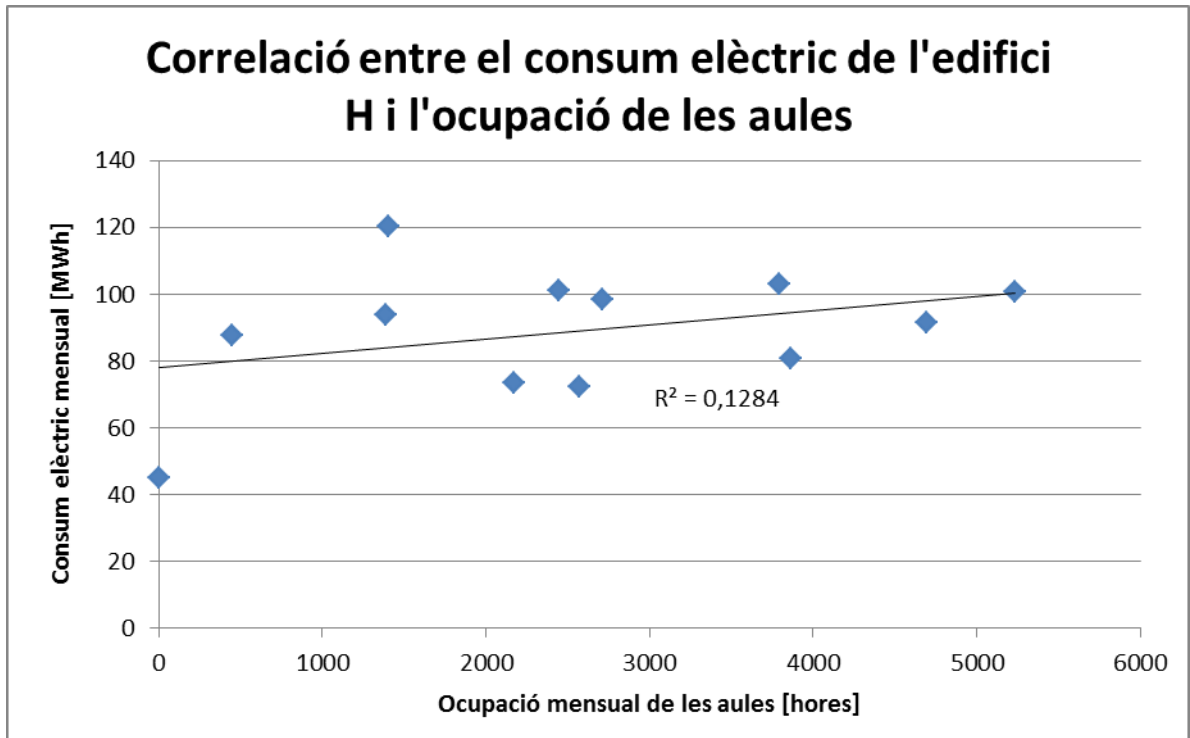


Figura 3.11 Correlació entre el consum elèctric de l'edifici H i l'ocupació de les aules

3.5. Evolució del consum elèctric. Model de regressió lineal múltiple

En aquest apartat s'estudia el comportament del consum elèctric de l'edifici H de l'ETSEIB al llarg de l'any 2017. Es duu a terme una anàlisi de regressió lineal múltiple on variable independent és el consum elèctric total de l'edificació per cada mes de l'any. En aquesta regressió lineal figuren com a variables independents aquells indicadors obtinguts en els apartats 3.1.-3.4. que han resultat rellevants.

Es proposa el següent model de regressió lineal múltiple, i es considera un nivell de significació estadística del 5% ($\alpha=0.05$):

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 \quad (\text{Eq. 3.1})$$

On:

- Y: Consum elèctric total del mes per l'edifici H [MWh]
- X_1 : La temperatura exterior mitjana del mes [°C] (variable meteorològica)
- X_2 : La quantitat de dies laborables del mes (pel PDI i PAS) [dies] (variable d'ocupació pels despatxos i oficines)

- X_3 : La quantitat d'hores de classe programades [h] (variable d'ocupació per les aules)

No s'han obtingut variables que permetin analitzar l'evolució del consum elèctric al llarg de l'any de les categories d'informació bàsica de l'edifici (apartat 3.2) i informació de l'interior (apartat 3.3), tot i que sí que aporten informació en l'anàlisi comparatiu entre plantes del capítol següent (capítol 0).

En el primer subapartat (3.5.1) s'aplica el model de regressió lineal al conjunt de l'edifici H. A continuació (subapartat 3.5.2) es torna a aplicar el mateix model sobre les dades de cada una de les plantes individualment.

3.5.1. Aplicació del model de regressió lineal múltiple a tot l'edifici H

En aquest primer subapartat es calcula el model de regressió lineal múltiple amb les dades de tot l'edifici H. D'aquest càlcul del model de regressió lineal múltiple proposat, resulta un coeficient de determinació ajustat $R^2_{\text{ajustat}} = 0,7721$ i un p valor per a l'acceptació del model de 0,0017. Aquest p valor és menor al nivell de significació i permet rebutjar la hipòtesi nul·la que tots els coeficients β_i són iguals a zero, indicant per tant que algun d'ells és diferent de zero. Els resultats complets d'aquest anàlisi de regressió s'adjunten a l'Annex C.

En la Taula 3.5 es mostren els coeficients β_i resultants del càlcul del model i els p valors associats a cada un d'aquests coeficients. Es pot observar que la variable d'ocupació de les aules no obté un p valor menor al nivell de significació (ja que $0,0774 > 0,05$) i per tant no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la que β_3 és igual a zero.

Variable	β_i	P valor
Intercepció [MWh]	104,8208	5,89E-05
Coeficient de la temperatura mitjana [MWh/°C]	-2,5088	0,0018
Coeficient de l'ocupació del personal [MWh/dia]	2,3333	0,0034
Coeficient de l'ocupació de les aules [MWh/hora]	-0,0049	0,0774
Validació del model		
P valor (model)		0,0017
R^2_{ajustat}		0,7721

Taula 3.5 Resultats de la regressió lineal múltiple sobre el consum elèctric de l'edifici H amb 3 variables

Es realitza una nova anàlisi de regressió lineal excloent la variable d'ocupació de les aules (forçant $\beta_3=0$) i s'obté un $R^2_{\text{ajustat}}=6935$, un p valor per la validació del model de 0,0020, acceptant la regressió com a vàlida. En la Taula 3.6 es representen els coeficients obtinguts per al model i es comprova que aquest cop totes les variables són significatives.

En definitiva, s'aconsegueix explicar l'evolució del consum elèctric a l'edifici H de l'ETSEIB mitjançant un model de regressió lineal simple que inclou la temperatura i els dies laborals del personal de l'escola com variables independents. El coeficient de determinació ajustat (R^2_{ajustat}) indica que aproximadament el 62% de la variància del consum elèctric està explicada per les dues variables presents al model, deixant un gran percentatge pendent d'explicar. Aquestes limitacions poden ser degudes a que no s'ha pogut incloure en l'anàlisi cap variable relacionada amb l'ocupació dels laboratoris. Tampoc s'ha pogut incloure cap variable relacionada amb l'ocupació dels espais comuns (sales d'estudi) i aules d'informàtica fora de la programació habitual, malgrat que aquest és un recurs que utilitzen freqüentment els estudiants per preparar exàmens o treballs.

Variable	β_i	P valor
Intercepció [MWh]	96,3383	0,0001
Coeficient de la temperatura mitjana [MWh/°C]	-2,0537	0,0062
Coeficient de l'ocupació del personal [MWh/dia]	1,6627	0,0125
Validació del model		
P valor (model)		0,0020
R^2_{ajustat}		0,6935

Taula 3.6 Resultats de la regressió lineal múltiple sobre el consum elèctric de l'edifici H amb 2 variables

3.5.2. Aplicació del model de regressió lineal múltiple per plantes

En aquest subapartat es calcula el model de regressió lineal múltiple proposat anteriorment, però aquest cop sobre cada una de les plantes individualment. Per fer això s'han utilitzat les dades de consum de cada planta. Aquest consum s'ha expressat en kWh/m² per coherència amb el capítol següent, que també es centra sobre cada una de les plantes.

El procediment que s'ha seguit per analitzar cada un dels pisos de l'edifici H és anàleg al de l'apartat anterior, i és el següent:

1. Calcular una regressió lineal múltiple amb les variables proposades en el model de l'inici del apartat 3.5. En aquesta regressió s'utilitzen les dades de consum i ocupació de les aules corresponents a la planta en qüestió. Les variables de temperatura i de l'ocupació del personal no varien de planta a planta i s'utilitzen els mateixos valors per a tots els pisos.
2. Es comprova que el model de regressió lineal múltiple sigui validat per un p valor menor al nivell de significació del 5% ($\alpha=0,05$) en la prova de l'estadístic F. En cas negatiu, no es pot rebutjar la hipòtesi nul·la que tots els coeficients $\beta_i=0$ i per tant el model no és aplicable.

3. Es comprova que els p valors associats a cada coeficient β_i rebutgin la hipòtesi nul·la que indica que són iguals a zero.
4. En cas que un o més p valors superin el nivell de significació proposat, es repeteix l'anàlisi de regressió lineal múltiple sense incloure la variable menys significativa (amb un p valor major).
5. Es repeteix el pas tercer fins que es validi el model (mitjançant la prova de l'estadístic F) i totes les variables restants siguin significatives. Un cop assolit aquest punt s'obté el coeficient de determinació ajustat R^2_{ajustat} i els coeficients β_i .
 - En el cas que cap combinació possible de variables no validi el model mitjançant la prova del estadístic F, el model no serà aplicable per aquella planta.
 - En el cas que el model resultant d'excloure una variable (amb p valor > 0,05) empitjori el seu ajust fins el punt de no ser un model vàlid, es considerarà oportú triar el darrer model validat.

Aplicant aquest procediment a cada una de les plantes de l'edifici H per separat s'obtenen els resultats de la Taula 3.7 (els resultats s'amplien en l'Annex D). En aquesta taula es mostra en primer lloc si el model s'ha pogut validar i quines variables s'han inclòs en la versió amb millor ajust. Tot seguit es mostra el coeficient de determinació ajustat i també la superfície de laboratoris (en metres quadrats) de la planta en qüestió. Aquesta darrera columna s'ha afegit per tal d'exposar un possible raonament que explicaria el baix ajust del model amb el perfil de consum d'alguns pisos.

Planta	Model vàlid?	Variables utilitzades			R^2 ajustat	Laboratoris [m ²]
		Temperatura	Ocupació Personal	Ocupació Aules		
-1	Si	Si	Si	No	0,8624	509,77
0	Si	Si	No	No	0,6284	0
1	Si	Si	No	No	0,5389	0
2	Si	Si	Si	Si	0,5024	357,82
3	Si	Si	Si	Si	0,6078	151,09
4	Si	Si	No	Si	0,9108	229,24
5	Si	No	Si	No	0,5439	0
6	Si	Si	Si	No	0,4241	358,54
7	Si	Si	Si	No	0,7132	180,76
8	Si	No	Si	No	0,5972	277,60
9	No					459,16
10	Si	Si	Si	Si	0,7712	91,99
11	No					404,24

Taula 3.7 Resultats de les regressions lineals múltiples sobre el consum elèctric a cada planta de l'edifici H

La idea central és que no es disposa de cap variable que proporcioni informació sobre l'ocupació dels laboratoris de l'ETSEIB, i en molts casos resulta que les plantes amb pitjor ajust, és a dir quan les variables expliquen un percentatge baix de la variància del consum, són també les que disposen de més metres quadrats de laboratoris. Aquest fet és especialment perceptible a les plantes 2 i 6, a més de les plantes 9 i 11 que ni tan sols s'ha pogut validar el model.

Un altre aspecte on al model li manca informació, i que podria repercutir en un pitjor ajust, és respecte a l'ocupació per part dels estudiants de les aules d'informàtica (planta 1 i 5 principalment) quan no hi ha hores de classe programades. L'ocupació real d'aquests espais dista bastant del que la variable d'ocupació de les aules indica, sobretot en el cas de les aules d'informàtica de la planta 1, que romanen a disposició dels estudiants la major part del temps.

Aquesta activitat dels estudiants fora de tota programació també podria tenir cert impacte en els espais comuns de la planta zero, on es disposa de dues sales d'estudi amb endolls i un punt amb diversos forns microones per escalfar menjar.

4. Comparació del consum elèctric per plantes

L'objectiu principal d'aquest capítol és exposar les diferències de consum elèctric entre les diverses plantes de l'edifici H de l'ETSEIB. Per tal d'avaluar-les, es compara el consum elèctric de les plantes des del soterrani -1 fins la planta 11, amb cada un dels factors indicadors. D'aquesta manera s'espera trobar patrons de consum i/o característiques clau que permetin entendre el comportament d'aquests consums per tal d'optimitzar la seva gestió.

De la mateixa manera que en l'apartat 3.3, en tot aquest capítol no s'han tingut en compte les lectures de consum de la coberta, dels ascensors, les instal·lacions elèctriques del quadre general de l'escola ubicat al soterrani -1, ni del bar ubicat a la planta 1, ja que són consums molt difícils de comparar degut a la seva naturalesa tant diferent a la resta.

En aquesta anàlisi, per tal de comparar el consum elèctric entre edificis o seccions d'un mateix edifici durant un període de temps donat, es considera emprar la intensitat energètica elèctrica [kWh/m²] en lloc del consum elèctric total [kWh]. D'aquesta manera la mida de l'edifici deixa d'afectar en la comparació. Tant és així que aquest és un dels indicadors escollits per avaluar els edificis durant el procés de certificació energètica [22].

4.1. Meteorologia

En el capítol anterior, s'ha optat per analitzar l'impacte de la meteorologia en el consum elèctric mitjançant la variable de la temperatura exterior segons l'EMA de la zona universitària.

En primer lloc s'ha realitzat una anàlisi exploratòria dels consums elèctrics de cada planta al llarg de l'any, identificant el consum mitjà i la desviació estàndard dels valors. A més a més s'ha calculat el coeficient de variació de Pearson per tal de referenciar la magnitud de les desviacions estàndard al consum mitjà de cada secció de l'edifici.

El càlcul del coeficient de variació de Pearson (en percentatge) és el següent:

$$Cv [\%] = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 4.1})$$

En la Taula 4.1, en primer lloc s'observa que el consum elèctric mitjà varia molt de planta a planta. La planta 4 es la que presenta menor consum de mitjana i la planta 8 el major de tots, superant a la quarta planta per més de sis vegades.

Planta	Mitjana [kWh/m ²]	Desviació estàndard [kWh/m ²]	Coefficient de variació [%]
-1	1,938	0,630	32,52
0	3,422	1,737	50,75
1	4,740	2,206	46,54
2	3,477	0,834	23,99
3	4,906	0,736	15,00
4	1,028	0,606	59,00
5	4,150	1,237	29,81
6	2,545	0,721	28,31
7	1,985	0,527	26,56
8	6,560	1,011	15,41
9	3,491	0,653	18,70
10	2,330	0,919	39,45
11	5,146	1,288	25,02

Taula 4.1 Paràmetres estadístics bàsics dels consums elèctrics de les plantes de l'edifici H

Gràcies a les desviacions estàndard i els coeficients de variació, s'observa que hi ha plantes que varien molt significativament el seu consum al llarg de l'any, i que altres que són menys sensibles a aquests canvis, mantenint un consum més estable. Aquesta característica es produeix tant en plantes amb un alt consum com en algunes de consum més moderat.

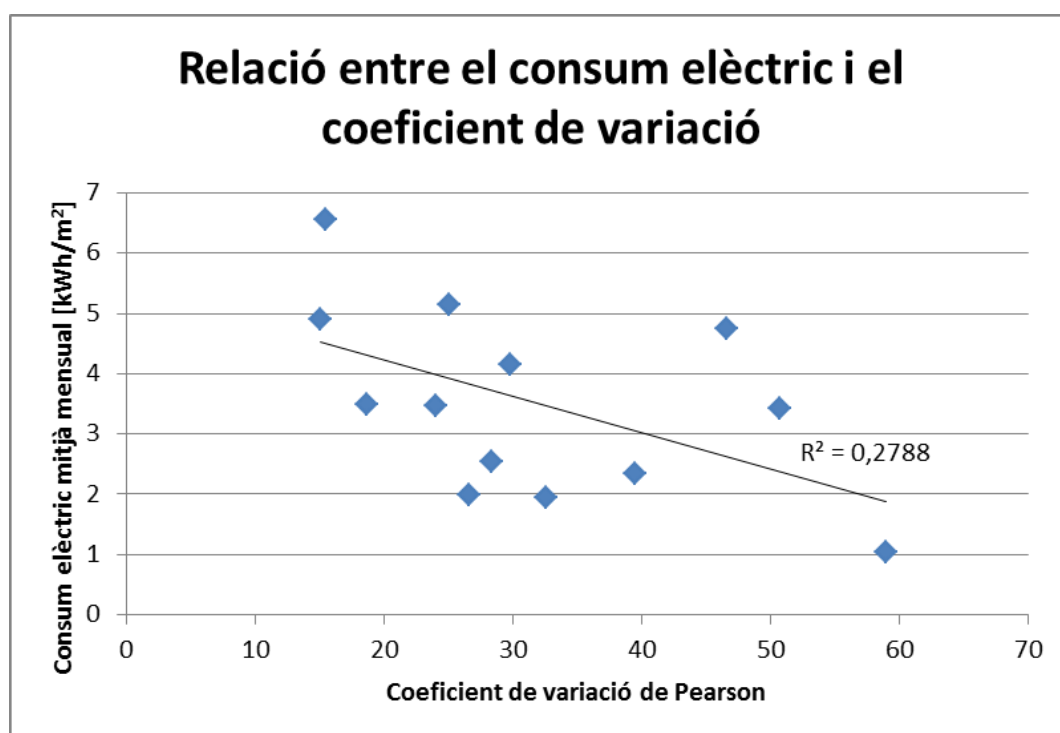


Figura 4.1 Relació entre el consum elèctric i el coeficient de variació de Pearson

Les plantes amb major variació del seu consum al llarg de l'any són: en primer lloc la planta 4 amb un 59%. Seguidament es troba un segon grup que inclou la planta baixa, la planta 1 i la planta 10, amb coeficients de variació entre el 40 i el 50%. Finalment la resta de plantes tenen uns coeficients de variació entre el 15 i el 30%.

Una anàlisi de regressió lineal entre el consum elèctric mensual mitjà de les plantes i el seu coeficient de variació, revela un coeficient de determinació $R^2 = 0,2788$, que a priori podria indicar una lleugera correlació lineal, com es mostra a la Figura 4.1. Aquesta correlació indicaria que els plantes més consumidores són també les que presenten un consum més estable.

4.2. Informació bàsica de l'edifici

Anteriorment, en l'apartat 3.2, s'han valorat tot un seguit de paràmetres relacionats amb l'edificació que es mantenen constants en tots els pisos de l'edifici H de l'ETSEIB. A continuació es discuteix la rellevància dels dos únics conceptes pertanyents a aquesta categoria, que s'ha considerat que poden ocasionar diferències en el consum elèctric entre les plantes. Aquests dos paràmetres són la superfície construïda i l'assolellament.

4.2.1. Superfície construïda i intensitat energètica elèctrica

Com ja s'ha comentat a l'inici del capítol, sovint un increment de la superfície construïda ve acompanyat d'una major potència instal·lada en lluminàries o climatització, resultant en un major consum elèctric total. En el cas de l'edifici H, comparar les diferents plantes mitjançant la intensitat energètica elèctrica [kWh/m^2], no tindrà cap impacte en el resultat obtingut per les plantes de la 2 fins la 11, ja que disposen de la mateixa superfície. Per contra, sí que pot afectar als pisos -1, 0 i 1 que tenen àrees diferents.

En les dues primeres columnes de la Taula 4.2, es mostren els pisos de l'edifici H ordenats segons el seu consum elèctric total. Al seu costat es mostra la mateixa llista però reorganitzada segons la intensitat energètica elèctrica.

S'observa que la planta baixa és la tercera secció de l'edifici més consumidora en valors absoluts, però també la de major superfície. Un cop reorganitzada la llista, la planta baixa presenta una intensitat energètica elèctrica moderada, lluny de ser un dels pisos més consumidors en termes relatius.

En canvi, la planta 1 té un consum anual baix en relació a la resta de pisos, però al considerar les seves reduïdes dimensions, la intensitat energètica elèctrica es dispara. Cal recordar que més de la meitat de la superfície de la primera planta correspon al bar, el consum del qual s'enregistra amb el seu propi analitzador de xarxes, i ni el seu consum ni la seva superfície es tenen en consideració en aquest estudi comparatiu.

Planta	Consum anual [kWh]	Planta	Intensitat energètica [kWh/m ²]
8	125916	8	78,72
11	97433	11	61,75
0	95667	3	58,87
3	93376	1	56,87
5	78981	5	49,80
9	67006	9	41,89
2	66178	2	41,72
6	48829	0	41,07
10	44725	6	30,54
1	41000	10	27,96
7	37773	7	23,82
-1	27369	-1	23,25
4	19725	4	12,33

Taula 4.2 Consum elèctric anual i intensitat energètica de les plantes de l'edifici H

La planta -1, tot i tenir una superfície lleugerament inferior a la majoria, no es veu afectada per aquest canvi de variable indicadora, i es manté en la penúltima posició tant en consum com en intensitat energètica elèctrica.

Examinant aquests valors de consum per unitat de superfície, s'observa que la planta 3, la 8 i l'11 presenten els valors més elevats, juntament amb la primera planta, que ja s'ha comentat. En el cas d'aquestes plantes, tal i com s'ha vist en l'apartat anterior, aquest consum es manté molt estable al llarg de l'any. Això fa pensar que existeix un gran consum fixe, indiferent de l'ocupació, i que la despesa en climatització és elevada tant a l'hivern com a l'estiu.

En canvi, la planta 4 presenta el menor consum, tant en valors absoluts com en intensitat energètica, i mostra un consum molt baix en els períodes de vacances.

4.2.2. Assolellament

El segon paràmetre a tenir en compte és l'assolellament, és a dir, la quantitat de radiació solar rebuda per cada pis. Aquest factor s'engloba en aquesta categoria atès que certs aspectes de disseny d'un projecte, com ara l'orientació o la distribució, poden tenir un impacte significatiu en el rendiment de l'edifici [29].

Tal i com es pot comprovar en la informació descarregable per a CAD en la pàgina del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) [30], l'edifici H de l'ETSEIB és un dels edificis més alts de la zona universitària. Cap altra edificació és prou alta i suficientment pròxima per projectar ombres sobre les façanes de l'edifici H, exceptuant l'ombra provocada per ell mateix.

Al matí el sol incideix sobretot sobre l'ala més pròxima al centre de Barcelona, aproximadament orientada a l'est, i aquesta projecta ombres a l'ala oest. A la tarda el sol incideix principalment sobre l'ala més pròxima al Baix Llobregat, és a dir, orientada a l'oest, la qual projecta ombres a l'ala oposada. A l'hivern, quan el sol es troba més baix, les ombres projectades són majors i afectarien una major quantitat de pisos, mentre que a l'estiu gairebé no es projecten ombres i tot l'edifici està assolellat durant més temps. Aquest fenomen s'exemplifica a la Figura 4.2.

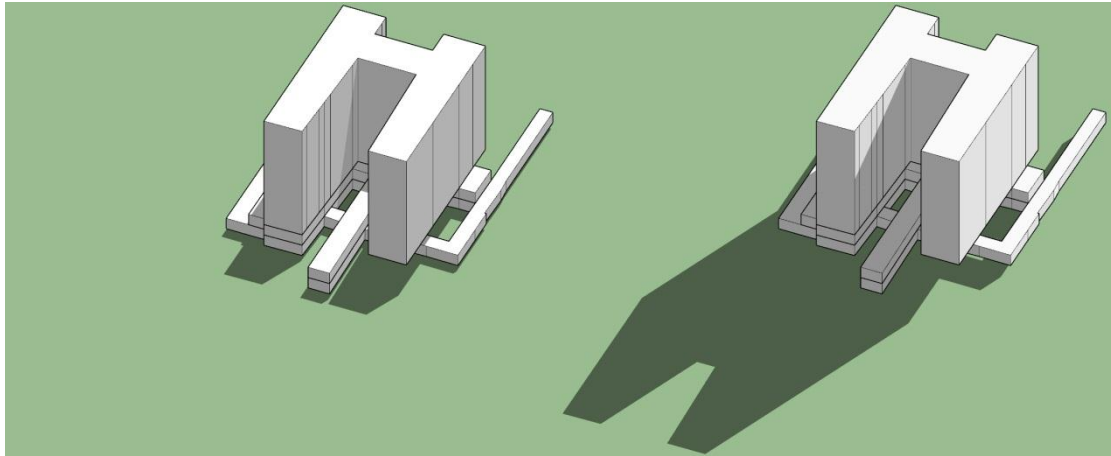


Figura 4.2 Comparativa de les ombres projectades per l'edifici H a les 12h del solstici d'estiu (a l'esquerra) i solstici d'hivern (a la dreta)

Un major assolellament sobre una façana pot contribuir a escalfar i il·luminar els espais contigus a aquestes reduint les necessitats d'electricitat d'aquests espais. Com que l'ombra projectada pel propi edifici H afecta principalment les plantes inferiors, es proposa la hipòtesi que les plantes superiors, al rebre un major assolellament, presentarien una tendència de consum a la baixa, en canvi, les plantes inferiors, amb menys hores de llum solar directa, mostrarien un major consum elèctric.

També s'ha percebut una diferència en la distribució de certs pisos. Des de la segona planta fins la darrera totes tenen forma d'H majúscula, però la ubicació del passadís distribuïdor canvia.

La majoria dels pisos disposen del passadís en el centre de l'ala oest, tractant-se d'un passadís sense finestres a l'exterior, i que deixa a cada banda habitacions d'amplada similar. Per contra, les plantes 3, 4, 5 i 9 estan dotades d'una única renglera d'espais més amplis, ja que el passadís es troba contigu a la façana que dona a l'interior de la H (Figura 4.3).

Tots els passadissos de l'ala est (Cantó Barcelona) són del tipus passadís central, exceptuant el de la cinquena planta que té els dos passadissos a les façanes interiors.

Tipologies de passadissos a l'edifici H de l'ETSEIB

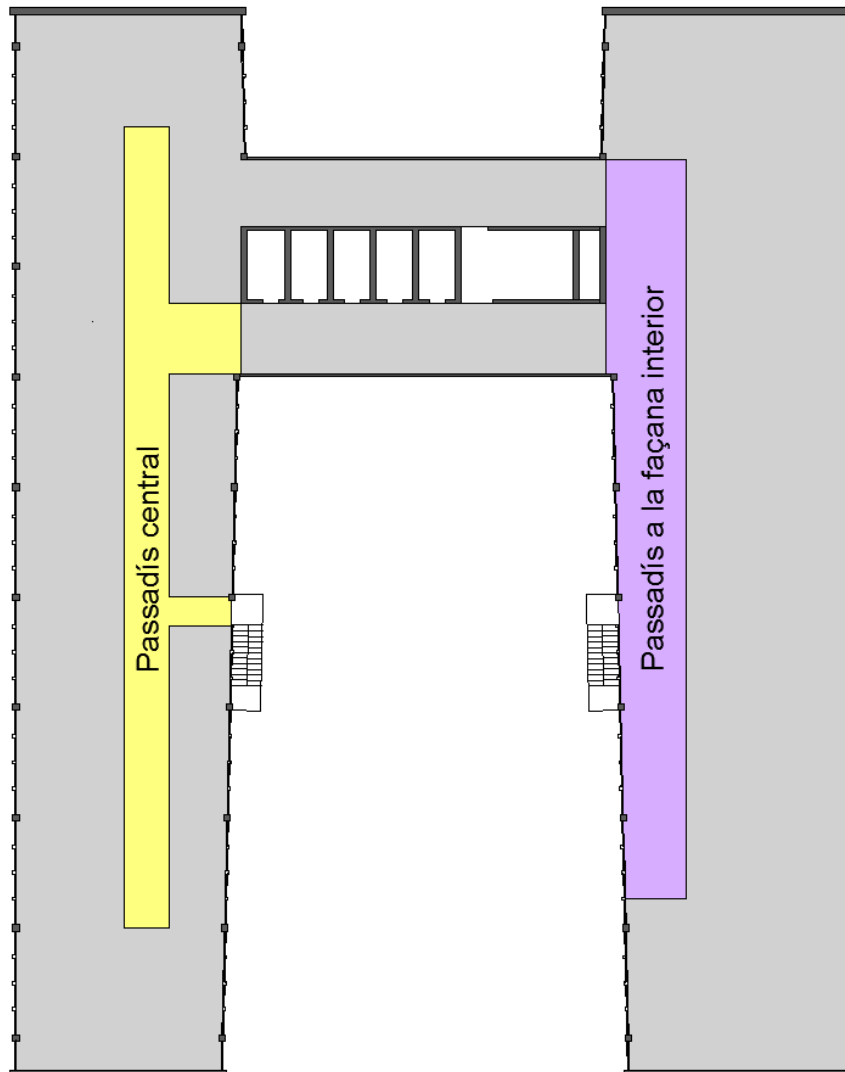


Figura 4.3 Tipologies de passadissos a l'edifici H de l'ETSEIB

Es proposa una segona hipòtesi: els pisos que disposen d'espais més amplis contigus a les façanes de major assolellament, és a dir, els pisos amb passadís a la façana interior, presentarien un menor consum elèctric, ja que veurien reduïdes les seves necessitats de calefacció i il·luminació gràcies al millor aprofitament de l'energia solar.

En la Figura 4.4 s'han representat les dades de les que es disposa (els consums mensuals) en forma de punts agrupats per plantes. No s'observa cap indicati que les hipòtesis plantejades siguin correctes, ja que no es percep una tendència a la baixa en el consum elèctric a mesura que es van pujant pisos de l'edifici H, ni un menor consum dels pisos amb passadissos al llarg de la façana interior.

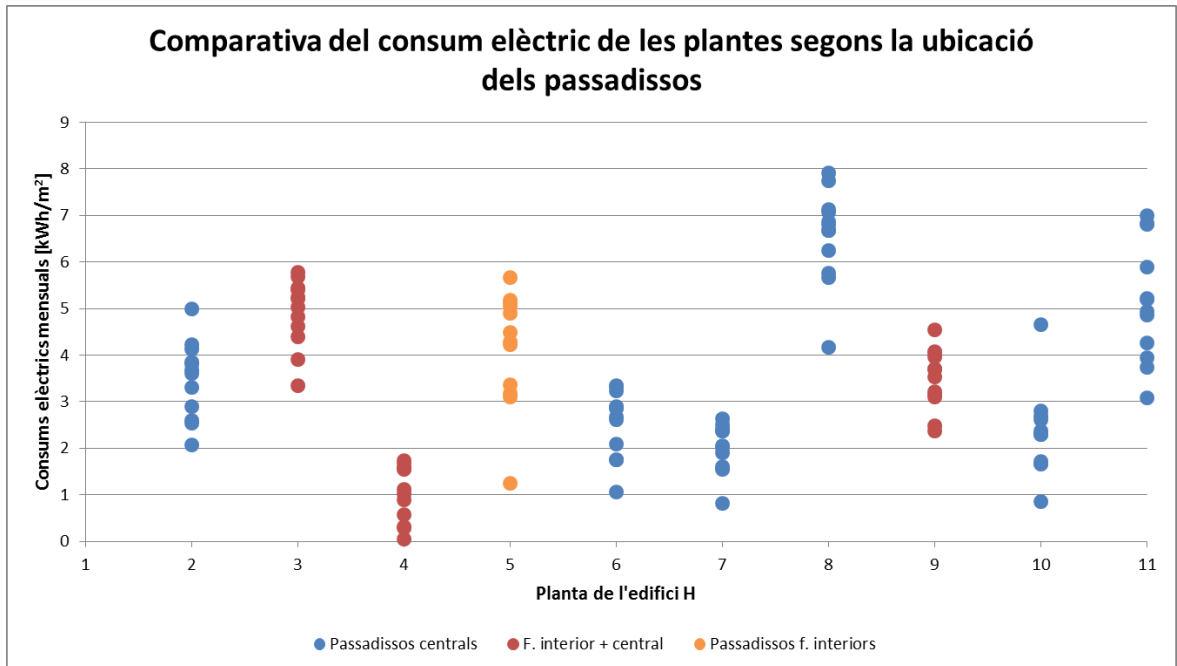


Figura 4.4 Comparativa del consum elèctric de les plantes segons la ubicació dels passadissos

4.3. Informació de l'interior

Cada pis de l'edifici H de l'ETSEIB presenta diferències amb els demés en relació a la distribució de l'espai. Això és especialment evident en els pisos més baixos, que disposen d'un disseny de la planta únic en cada cas. És a partir de la planta 2 que totes comparteixen el disseny de la planta però segueixen existint diferències en la ubicació dels passadissos, murs o la mida dels espais.

Novament, s'han classificat els espais de cada planta segons la seva tipologia d'ús, s'han quantificat els metres quadrats de cada tipus i es representen en la Figura 4.5.

S'observa que aproximadament totes les plantes superiors (de la 2 a la 11) disposen d'una estructura similar. Totes tenen una superfície semblant d'espais comuns i una gran quantitat de despatxos, tot i que aquests varien àmpliament de planta a planta, algunes doblant en metres quadrats a d'altres. Gairebé tots els pisos disposen de laboratoris i aules, en major o menor mesura, exceptuant la cinquena planta que està desproveïda de laboratoris. Les aules d'informàtica es concentren principalment a la planta 5, i la categoria de serveis és força residual en les plantes superiors, amb la notable excepció del centre de càlcul de la planta 8.

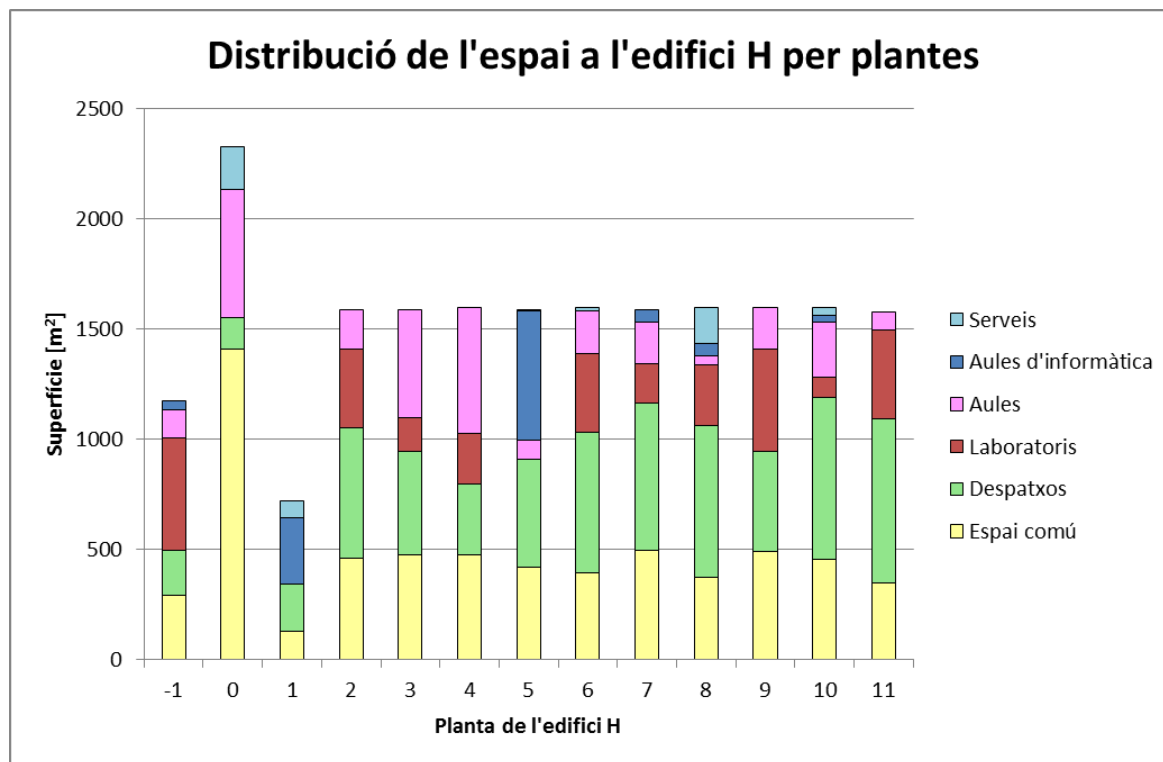


Figura 4.5 Gràfic de distribució de l'espai a l'edifici H per plantes

Les plantes -1, 0 i 1 són molt diferents entre elles i també presenten diferències amb les plantes superiors. El soterrani -1 està distribuït de forma similar a les plantes superiors però disposant d'una superfície menor (aproximadament 1200 m² enfront dels 1600 m² de les plantes en forma d'H). Per contra, la planta zero està composta en un 60% per espais comuns, i la resta de l'espai està format principalment per aules. També és el pis de major superfície, aproximadament 2300 m². Finalment, la planta 1 consta només de 720 m² (recordant que la cafeteria i els ascensors no formen part d'aquest estudi) i està principalment composta per aules d'informàtica i oficines.

De la mateixa manera que es fa servir el consum elèctric per unitat de superfície per tal que l'àrea total de cada pis no influeixi significativament en l'anàlisi, en l'estudi [26] proposen utilitzar com variables explicatives el percentatge del total que està ocupat per cada tipus d'instal·lacions. Aquests valors es presenten en la Taula 4.3.

En les Figures 4.6-4.11, s'analitza la correlació lineal de les variables proposades amb la intensitat energètica elèctrica [kWh/m²] mitjançant diagrames de punts, rectes de regressió i el seu coeficient de determinació R².

Planta	Aules [m ²]	Aules inform. [m ²]	Despatxos [m ²]	Espai comú [m ²]	Laboratoris [m ²]	Serveis [m ²]
-1	124,91 (10,61%)	44,67 (3,79%)	206,46 (17,54%)	291,35 (24,75%)	509,77 (43,31%)	0 (0%)
0	577,96 (24,81%)	0 (0%)	143,78 (6,17%)	1410,57 (60,55%)	0 (0%)	197,33 (8,47%)
1	0 (0%)	296,78 (41,17%)	216,24 (30%)	129,63 (17,98%)	0 (0%)	78,24 (10,85%)
2	174,90 (11,03%)	0 (0%)	592,09 (37,33%)	461,36 (29,09%)	357,82 (22,56%)	0 (0%)
3	488,87 (30,82%)	0 (0%)	470,64 (29,67%)	475,45 (29,98%)	151,09 (9,53%)	0 (0%)
4	573,72 (35,87%)	0 (0%)	321,96 (20,13%)	474,56 (29,67%)	229,24 (14,33%)	0 (0%)
5	84,24 (5,31%)	587,30 (37,03%)	487,90 (30,77%)	421,77 (26,6%)	0 (0%)	4,62 (0,29%)
6	193,39 (12,09%)	0 (0%)	636,63 (39,81%)	394,99 (24,7%)	358,54 (22,42%)	15,43 (0,96%)
7	186,90 (11,78%)	54,12 (3,41%)	667,34 (42,08%)	496,81 (31,33%)	180,76 (11,4%)	0 (0%)
8	41,41 (2,59%)	56,26 (3,52%)	684,42 (42,79%)	376,07 (23,51%)	277,60 (17,36%)	163,74 (10,24%)
9	192,47 (12,03%)	0 (0%)	456,43 (28,54%)	491,40 (30,72%)	459,16 (28,71%)	0 (0%)
10	250,43 (15,66%)	30,38 (1,9%)	733,36 (45,85%)	454,62 (28,43%)	91,99 (5,75%)	38,58 (2,41%)
11	79,52 (5,04%)	0 (0%)	746,14 (47,29%)	347,83 (22,05%)	404,24 (25,62%)	0 (0%)

Taula 4.3 Distribució de la superfície dels pisos de l'edifici H en metres quadrats i percentatges

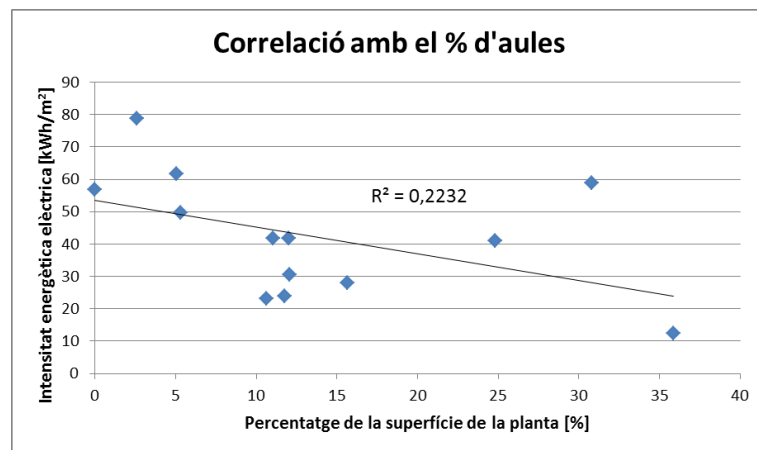


Figura 4.6 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per aules

Les úniques variables que mostren un coeficient de determinació significatiu i una lleugera tendència lineal són el percentatge d'aules i el percentatge d'instal·lacions de serveis. La resta de variables no compleixen aquests requisits i no aporten informació sobre el consum elèctric.

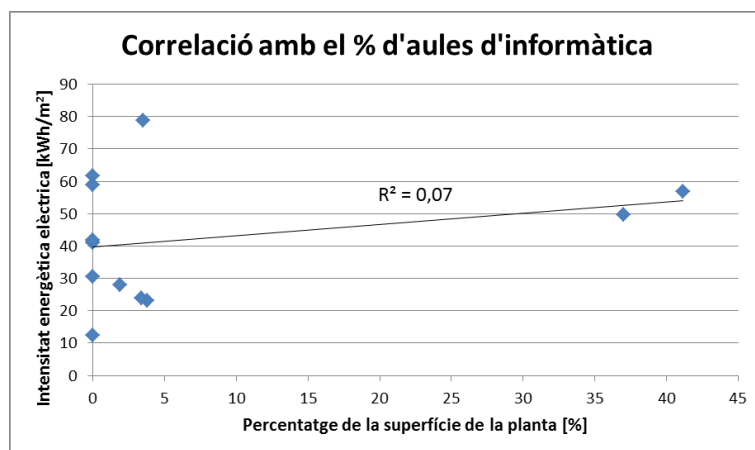


Figura 4.7 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per aules d'informàtica

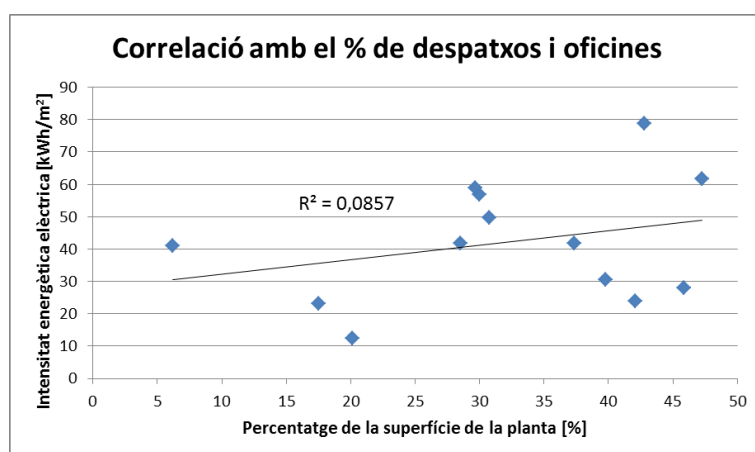


Figura 4.8 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per despatxos i oficines

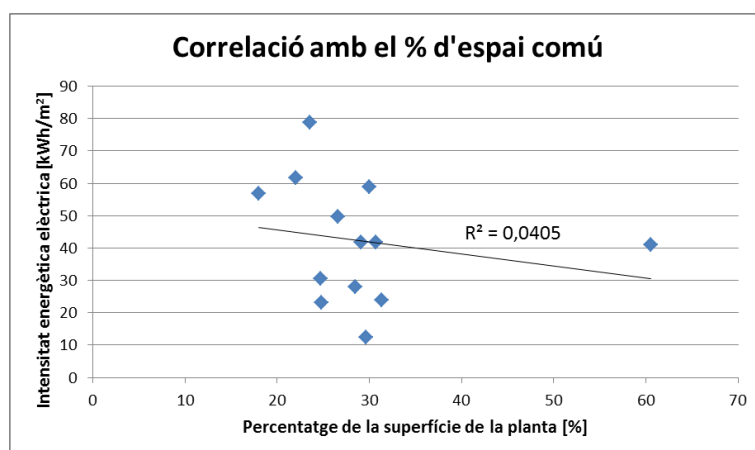


Figura 4.9 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per espai comú

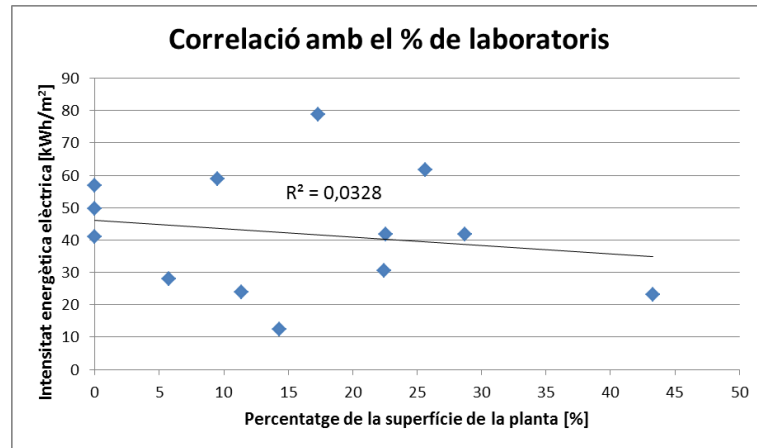


Figura 4.10 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per laboratoris

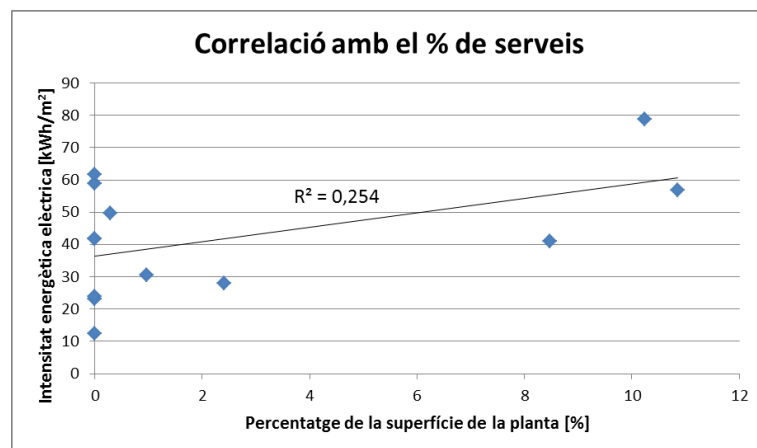


Figura 4.11 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb el % de la superfície de la planta ocupada per instal·lacions de serveis

4.4. Calendaris i horaris d'ocupació

En aquest apartat es proposen diverses variables per tal d'explicar l'efecte de l'ocupació dels diferents espais en el consum elèctric de l'escola.

Per comparar l'ocupació de les aules i aules d'informàtica s'utilitza novament la variable utilitzada en el capítol anterior, en l'apartat 3.4: el total d'hores d'ocupació de les aules de cada planta de l'edifici H perquè d'aquest paràmetre es tenen valors per cada un dels pisos.

D'altra banda, per a l'ocupació dels despatxos no es pot utilitzar la variable proposada anteriorment doncs no especifica com es distribueix aquesta ocupació al llarg de les plantes.

Davant la necessitat d'obtenir una variable que expliqui l'ocupació dels despatxos i oficines amb distinció entre les plantes, s'ha realitzat el següent procés a partir de la informació

present a la pàgina web del Directori UPC [31], la web de l'escola [32], i el portal UPC Transparent [33]. Es poden consultar els valors i taules relacionades amb aquest procés a l'Annex E.

1. De la pàgina web de l'escola s'ha obtingut un llistat dels departaments, instituts i altres organitzacions presents a l'ETSEIB. Alguns departaments que no estan ubicats a l'edifici H han estat descartats en aquest moment, ja que estan fora de l'abast del projecte.
2. S'ha consultat la fitxa personal de tots els empleats d'aquests organismes i s'ha anotat quines persones tenen despatx a l'escola i a quina planta de l'edifici H es troba. Les persones que a la seva fitxa s'indicava que disposen d'un despatx a l'ETSEIB però no figurava a quina planta, s'han ubicat a la planta on es troba el departament o organització per la qual figura que treballa. En el cas dels organismes que es troben repartits en dues plantes, s'han repartit equitativament. De qualsevol manera, les persones que no havien proporcionat informació de la planta on es troben, i ha calgut assignar-les amb aquests criteris són una minoria (4,5%).

En aquest punt s'ha obtingut la variable quantitat de llocs de treball de cada planta, que és equivalent a la quantitat de despatxos enregistrats a cada pis. Altrament, s'ha de tenir en compte que no tot el personal treballa la mateixa quantitat d'hores setmanals, i no necessàriament distribueix de la mateixa manera la seva jornada laboral entre treballar al seu despatx i la docència, aquest fet depèn del tipus de professorat. És per això que el procés continua:

3. S'ha consultat al portal UPC Transparent quina quantitat d'empleats té cada organisme per cada tipus de contracte, és a dir, la quantitat de catedràtics, titulars, associats, investigadors, auxiliars de recerca, etcètera.
4. S'ha valorat cada tipologia de personal amb la quantitat d'hores de docència i hores treballant al seu despatx. En el cas del PAS s'assumeix que totes les hores setmanals es treballa al despatx.

La informació present al portal UPC Transparent per a cada organisme engloba el personal de tota la universitat, és per això que per tal de poder continuar es realitza la següent hipòtesi: Tot el personal que treballa a l'ETSEIB dedica una quantitat d'hores setmanals a la docència i a la feina de despatx equivalent a la mitjana del departament, institut o organització a la que pertany.

5. S'obté la quantitat d'hores de feina als despatxos de cada planta realitzant el sumatori de les hores no lectives de tot el personal amb despatx a aquell pis.

A causa de la permanent actualització de les pàgines web de l'escola, UPC Transparent i Directori UPC, les dades obtingudes corresponen al personal que treballa a l'ETSEIB durant la realització d'aquest estudi. Novament, per tal de poder relacionar aquestes dades amb les de consum de l'any 2017, es treballa sota la hipòtesi que la distribució i dedicació del personal ha romàs invariant durant els anys 2017-2019.

Un cop obtingudes les variables explicatives de l'ocupació de les aules i dels despatxos s'estudia la seva correlació lineal amb la variable independent, el consum elèctric. En primer lloc s'analitza la variable vinculada a l'ocupació de les aules i aules d'informàtica (Figura 4.12).

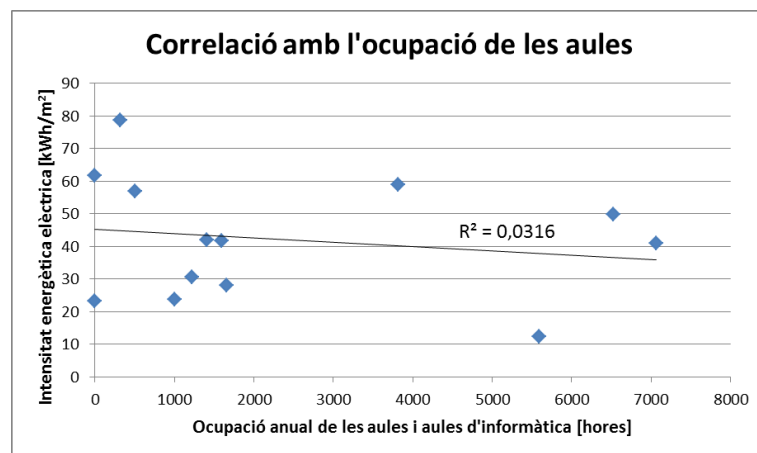


Figura 4.12 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb l'ocupació de les aules i aules d'informàtica

De la Figura 4.12 es dedueix que la variable triada per representar l'ocupació de les aules no és capaç d'explicar les diferències de consum elèctric entre les plantes de l'edifici H. Malgrat tot, si en lloc de representar la suma de l'ocupació total enfront el consum total es calcula el coeficient de determinació dades planta per planta, s'observa que igualment el consum de moltes plantes no es pot explicar emprant aquesta variable, però algunes d'elles sí mostren una notable linealitat (Taula 4.4). Així doncs, per algunes de les plantes de l'edifici H, aquest paràmetre aporta una informació que probablement no es pugui obtenir mitjançant cap altra variable proposada.

Tanmateix, s'analitzen les variables relacionades amb l'ocupació dels despatxos i oficines (Figura 4.13 i Figura 4.14). S'observa que cap de les variables proposades és capaç d'explicar les diferències de consum elèctric entre els diferents pisos.

Planta	Coeficient de determinació R^2
-1	0,000
0	0,286
1	0,009
2	0,033
3	0,017
4	0,389
5	0,424
6	0,021
7	0,158
8	0,006
9	0,013
10	0,014
11	0,000

Taula 4.4 Coeficients de correlació per cada planta de la intensitat energètica elèctrica amb l'ocupació de les aules

Cal tenir en compte que aquestes variables d'ocupació estan ometent detalls importants, com per exemple la superfície de despatxos ubicats a cada planta. Per estudiar el possible impacte d'aquest paràmetre sobre el consum elèctric es proposen també aquestes altres variables:

- Densitat de llocs de treball [Llocs de treball/m² de despatxos]
- Densitat d'hores de dedicació setmanals [Hores de dedicació setmanals/m² de despatxos]

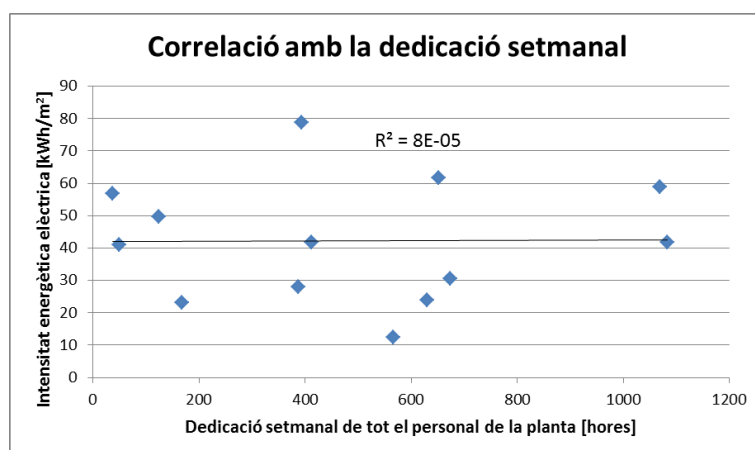


Figura 4.13 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la dedicació setmanal de tot el personal de les plantes

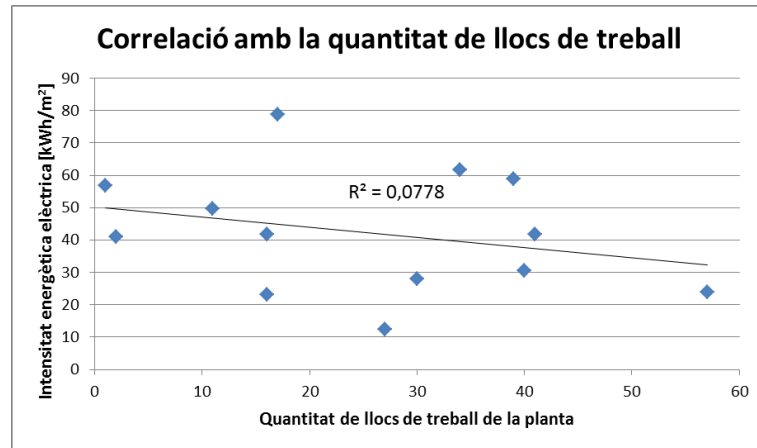


Figura 4.14 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la quantitat de llocs de treball de les plantes

Es representa la correlació lineal d'aquestes variables (densitat d'hores de dedicació setmanals i densitat de llocs de treball) amb el consum elèctric per unitat de superfície mitjançant un diagrama de punts, la recta de regressió i el coeficient de determinació R^2 .

De la Figura 4.15 s'observa que no existeix cap correlació entre la densitat d'hores de dedicació d'una planta i el seu consum elèctric. Per l'altre costat, en la Figura 4.16, es percep una correlació negativa entre la densitat de llocs de treball i el consum elèctric, el qual disminueix quan la densitat de llocs de treball augmenta. Aquest fet fa pensar que els casos en els que la densitat de llocs de treball és alta, per exemple quan diverses persones treballen en un mateixa oficina, es comparteixen recursos com la il·luminació o la climatització, aconseguint una millor gestió que si aquestes persones ocupessin cadascuna un despatx diferent.

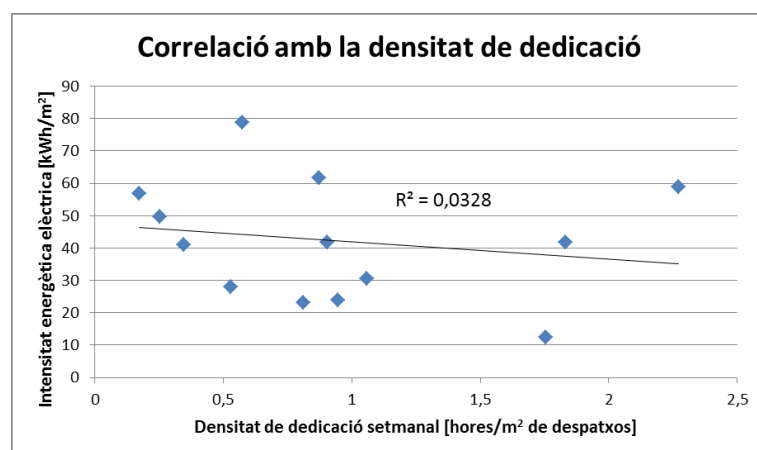


Figura 4.15 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la densitat d'hores de dedicació setmanal

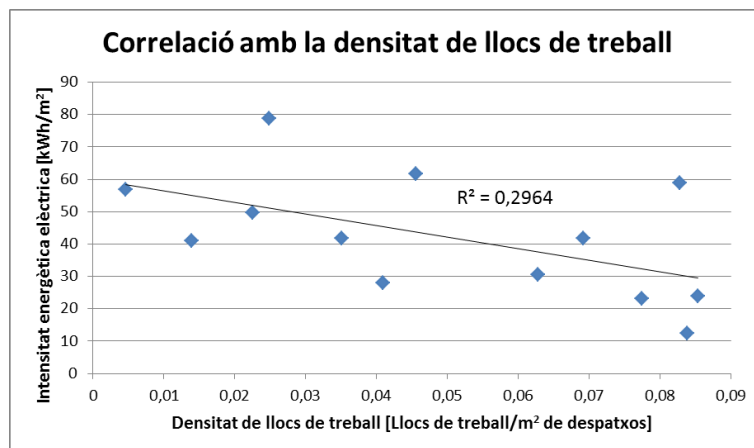


Figura 4.16 Correlació de la intensitat energètica elèctrica amb la densitat de llocs de treball

4.5. Identificació i classificació de l'ús de l'energia elèctrica.

A continuació es proposa sintetitzar la informació de la resta d'apartats precedents per tal de determinar quines són les variables que causen majors diferències en el consum elèctric de les diferents seccions de l'edifici H.

Es pretén buscar l'origen de la despesa energètica de cada planta. Per fer això, partint de dades agregades que inclouen tot tipus de consums i en relació a tot tipus d'espais, es consideren els següents dos plantejaments:

- Estimar la fracció del consum de cada planta corresponent a cada categoria d'ús final, tal i com es proposa en l'estudi [34] on es consideren el següents usos finals:
 - Condicionament d'aire i ventilació
 - Il·luminació
 - Equips endollables
 - Altres (Aigua calenta sanitària, preparació d'aliments, ...)
- Estimar la fracció del consum de cada planta corresponent a cada categoria d'espai, tal i com s'han classificat els espais en els apartats 3.3 i 4.3.

En els següents subapartats es posen en pràctica aquests dos procediments.

4.5.1. Anàlisi segons tipus d'ús final de l'energia elèctrica

El primer plantejament busca identificar quin tipus d'aparells són els responsables del gruix del consum elèctric, indiferentment de quin tipus d'instal·lació prové la despesa. Obtenir aquesta distribució resulta immediat en els edificis o pavellons que disposen de diversos analitzadors de xarxes ja configurats sota aquesta premissa.

En la Taula 2.1 es pot observar que alguns pavellons de l'escola disposen d'un analitzador de xarxes que comptabilitza la il·luminació per separat de la resta de consums (força), i també com la planta 0 de l'edifici H enregistra el consum de la calefacció per separat. Per contra, en el cas que un edifici o secció no disposi d'un analitzador de xarxes per cada categoria, caldrà proposar alguna hipòtesi per aproximar aquests consums.

Pel que fa al consum elèctric relacionat amb el condicionament de l'aire, una hipòtesi habitual és que aquest consum elèctric és proporcional a la diferència de temperatura respecte a una temperatura o període base pel qual no es requereix l'ús de calefacció [18]. Seguint aquesta hipòtesi, el consum addicional en aquells períodes en els que la temperatura sigui inferior al valor base s'atribueix a l'ús dels elements de calefacció. Anàlogament s'establiria una línia base per l'estació calenta i es seguiria el mateix procediment per estimar el consum degut als aparells d'aire condicionat.

Per realitzar els càlculs corresponents s'ha pres com a línia base per l'estació freda el consum elèctric del mes d'octubre, degut a que la temperatura mitjana encara es situa en els 19,5°C i la mitjana mínima en 15,9 °C i és a partir de novembre que ambdós valors disminueixen sobtadament. De la mateixa manera es tria el maig com mes base per l'estació calenta ja que la temperatura mitjana no es dispara fins al juny, on per primera vegada la temperatura màxima mitjana sobrepassa els 25°C. El consum elèctric en calefacció no s'ha estimat de la mateixa manera per la planta 0, sinó que s'ha utilitzat el valor proporcionat per l'analitzador de xarxes del que es disposa. Convé ressaltar que el valor proporcionat per l'instrument de mesura i el valor estimat només difereixen d'un 6,5%, fet que fa pensar que l'aproximació serà relativament acurada.

Respecte del consum relacionat amb la il·luminació, es disposa de l'inventari de lluminàries inclòs en els annexos del projecte de fi de carrera d'en Marc Poll Seguí (2016) [13]. En aquest document ja s'inclou una estimació de la despesa anual per cada un dels aparells instal·lats.

Un cop sostretes les estimacions de consum degudes a la climatització i a la il·luminació, la resta del consum elèctric correspondria al consum d'aparells endollables i altres usos, aquests darrers de caràcter residual. En la Taula 4.5 es mostren les dades obtingudes en realitzar aquest procediment, expressades en kWh i el percentatge que representen del valor real enregistrat pels aparells de mesura.

Convé mencionar que l'estudi sobre la informació del consum elèctric en edificis [34], el qual inclou dades del IDAE (Institut per la Diversificació i Estalvi de l'Energia), fracciona el consum final a Espanya en edificis d'oficines de la següent manera:

- 52% del consum de la climatització

- 33% del consum de la il·luminació
- 10% del consum dels aparells endollables
- 5% degut a consum provinent d'altres fonts

Planta	Consum elèctric anual estimat [kWh]			Total mesurat [kWh]
	Il·luminació	Climatització	Endollables	
-1	22201 (81,1%)	1243 (4,5%)	3924 (14,3%)	27369
0	42843 (44,8%)	23989 (25,1%)	28835 (30,1%)	95667
1	33185 (80,9%)	8246 (20,1%)	-431 (-1,1%)	41000
2	22286 (33,7%)	11502 (17,4%)	32390 (48,9%)	66178
3	33346 (35,7%)	7263 (7,8%)	52768 (56,5%)	93376
4	32734 (166,0%)	4205 (21,3%)	-17214 (-87,3%)	19725
5	33180 (42,0%)	2776 (3,5%)	43026 (54,5%)	78981
6	22304 (45,7%)	8774 (18,0%)	17751 (36,4%)	48829
7	26567 (70,3%)	6869 (18,2%)	4336 (11,5%)	37773
8	19777 (15,7%)	8005 (6,4%)	98135 (77,9%)	125916
9	28071 (41,9%)	12780 (19,1%)	26154 (39,0%)	67006
10	31516 (70,5%)	10462 (23,4%)	2747 (6,1%)	44725
11	29567 (30,3%)	19306 (19,8%)	48560 (49,8%)	97433
Total	377578 (44,7%)	125421 (14,9%)	340981 (40,4%)	843980

Taula 4.5 Estimacions del consum elèctric segons el tipus d'ús final de l'energia i consum real mesurat

Aquests valors orientatius disten notablement dels obtinguts per les aproximacions proposades, on el principal pes recau sobre la il·luminació. A continuació es comenten alguns possibles motius.

L'estimació del consum elèctric degut als aparells de climatització podria contenir errors importants sobretot en aquells pisos que incorporen instal·lacions de climatització destinades a refrigerar aparells informàtics, com ara els servidors de les plantes 5 i 10, o el centre de càlcul de la planta 8. Aquestes instal·lacions, per la calor que generen, podrien sol·licitar un major ús dels aparells de refrigeració no contemplat per l'estimació. Aquest tipus d'errors podrien aparèixer en mesos d'entre temps que, tot i ser més freds que el mes base establert, igualment podria ser necessària la refrigeració degut a la calor generada.

També es contemplen possibles errors al mes d'agost, on no s'arriba al consum base del mes de maig, degut a la baixa ocupació, però igualment part de la despesa elèctrica pot provenir d'aquests sistemes de climatització.

D'altra banda, s'observa que aquest tipus d'estimació no és útil per les plantes 1 i 4, ja que s'arriba a un absurd, a l'obtenir valors de consum elèctric dels aparells endollables negatius. Aquest fenomen és especialment exagerat per la quarta planta, per la qual només

l'estimació de consum de les lluminàries equival a un 165% del consum real enregistrat pels aparells de mesura. A més a més, tampoc sembla que aquestes siguin aproximacions vàlides per alguns pisos com el 10è, ja que un cop sostret el consum estimat de les lluminàries i de la calefacció, la quantitat restant assignada a consums endollables, amb prou feines equival a un 6% del consum anual total. L'estimació de consum de les lluminàries que consta a l'inventari consultat sembla que dista bastant de l'ocupació real dels espais durant el 2017, el consum de les lluminàries estaria sobreestimat.

En definitiva, els valors estimats per a l'ús final de l'energia elèctrica obtinguts mitjançant aquest mètode mostren tot un seguit d'incoherències, que fan que sigui massa imprudent utilitzar-los per extreure'n conclusions.

4.5.2. Anàlisi segons tipologies d'espais

Un segon enfocament consisteix en atribuir a cada tipus d'espai present a les plantes una fracció del consum elèctric total. Per aquest altre plantejament no serà rellevant quin ús final és responsable de la despesa energètica.

Una primera estimació es tractaria senzillament de repartir el consum elèctric de cada planta segons la superfície de cada tipus de la que disposa. Els resultats es mostren en la Taula 4.6.

Planta	Consum elèctric anual estimat [kWh]						Total mesurat [kWh]
	Aules	A. informàtica	Despatxos	Espai comú	Laboratoris	Serveis	
-1	2904	1039	4800	6774	11852	0	27369
0	23734	0	5904	57925	0	8103	95667
1	0	16879	12298	7373	0	4450	41000
2	7297	0	24703	19249	14929	0	66178
3	28782	0	27708	27991	8895	0	93376
4	7075	0	3970	5852	2827	0	19725
5	4196	29250	24300	21006	0	230	78981
6	5906	0	19441	12062	10949	471	48829
7	4452	1289	15894	11833	4305	0	37773
8	3260	4429	53879	29605	21853	12890	125916
9	8063	0	19121	20586	19236	0	67006
10	7003	850	20508	12713	2572	1079	44725
11	4911	0	46078	21480	24964	0	97433
Total	107582 (13%)	53735 (6%)	278606 (33%)	254450 (30%)	122383 (15%)	27223 (3%)	843980

Taula 4.6 Estimacions del consum elèctric anual de cada tipus d'espai i consum real mesurat

Aquesta primera assignació presenta l'inconvenient de no contemplar intensitats energètiques diferents per cada tipus d'espai, és a dir, els posa tots al mateix nivell en termes de consum per unitat de superfície. Això ocasiona que pisos que tenen instal·lacions similars en alguna de les categories obtinguin intensitats energètiques molt diferents. Aquest és el cas de les plantes 6, 7 i 8 les quals tenen 637, 667 i 684 m² de despatxos respectivament però, degut a les diferències de consum total, obtenen valors molt diferents: 19,4 MWh la sisena planta, 15,9 MWh la setena malgrat disposar de 30 m² addicionals, i l'assignació es dispara fins 53,9 MWh per la vuitena planta. A més, s'equipara les tipologies d'espais més consumidores, com les aules d'informàtica o les instal·lacions de serveis, a les altres de menor intensitat energètica, infravalorant el consum de les primeres.

Com a solució per aquest problema es proposa ponderar cada una de les tipologies d'espai presents a l'edificació amb un coeficient vinculat amb la intensitat energètica de la instal·lació. Per tal d'assignar a cada tipus d'espai un coeficient de ponderació, es calcula una regressió lineal múltiple amb el consum elèctric com variable dependent, i la superfície de cada tipus d'espai com variables independents.

De l'equació del model resultant d'aquesta anàlisi de regressió lineal múltiple s'obtenen els coeficients per ponderar les diferents zones (Taula 4.7).

β_0 [kWh]	Coeficients de la regressió lineal múltiple pel consum elèctric anual [kWh/m ²]					
	Aules	A. informàtica	Despatxos	Espai comú	Laboratoris	Serveis
-56434,79	66,83	125,74	98,70	12,58	111,47	404,96

Taula 4.7 Coeficients de la regressió lineal múltiple pel consum elèctric anual descrit per la superfície de cada tipus d'espai

S'ha de tenir en compte que el model obtingut en l'anàlisi de regressió lineal múltiple inclou un terme independent $\beta_0 = -56.434,79$ kWh, i a més a més un error. Així doncs, per tal d'estimar el repartiment del consum elèctric en cada pis de l'edifici, es multipliquen les superfícies pels seus respectius coeficients, i tot seguit s'escalen els resultats mantenint les proporcions, fins que la suma dels consums de la planta coincideixin amb els valors reals mesurats. De realitzar aquest procés s'obtenen les estimacions mostrades a la Taula 4.8.

Aquesta altra estimació atorga una major responsabilitat a les instal·lacions de serveis, aules d'informàtica i laboratoris. Aquestes instal·lacions obtenen, per tant, una assignació elevada de consum elèctric, fet que sembla adequat si es té en compte la quantitat d'equipament que hi ha instal·lat en aquests espais. En canvi, a l'espai comú, on gairebé exclusivament hi ha instal·lades lluminàries, se li assigna un coeficient de ponderació baix, i obté consums associats també baixos.

Planta	Consum elèctric anual estimat [kWh]						Total mesurat [kWh]
	Aules	A. informàtica	Despatxos	Espai comú	Laboratoris	Serveis	
-1	2409	1621	5881	1058	16400	0	27369
0	24557	0	9022	11285	0	50803	95667
1	0	16635	9514	727	0	14124	41000
2	6679	0	33391	3317	22791	0	66178
3	29925	0	42546	5480	15426	0	93376
4	7441	0	6167	1159	4959	0	19725
5	3298	43264	28213	3109	0	1096	78981
6	4971	0	24169	1912	15373	2403	48829
7	4229	2304	22301	2117	6822	0	37773
8	1943	4966	47419	3322	21722	46545	125916
9	7477	0	26185	3594	29750	0	67006
10	6011	1372	25995	2055	3683	5611	44725
11	4033	0	55884	3321	34194	0	97433
Total	102974 (12%)	70162 (9%)	336687 (40%)	42456 (5%)	171120 (20%)	120582 (14%)	843980

Taula 4.8 Estimacions del consum elèctric obtingudes utilitzant els coeficients de ponderació segons el tipus d'espai i les mesures reals

En conclusió, el mètode ponderat sembla proporcionar unes estimacions més coherents que les obtingudes si només es té en compte la superfície. De qualsevol manera, cal tenir en compte que els coeficients emprats per ponderar la contribució de les diferents zones procedeixen d'un model de regressió lineal múltiple amb un ajust molt baix ($R^2_{\text{ajustat}} = 0,15$) i amb un p valor que no valida el model (p valor = 0,36). No s'ha d'oblidar que aquests resultats són una aproximació orientativa i poden estar subjectes a un gran error.

5. Pressupost

En aquest capítol es detalla el pressupost del present projecte. La informació relativa al pressupost es presenta en la Taula 5.1 i es divideix en 3 apartats.

El primer apartat conté el càlcul del cost dels recursos materials i informàtics. Per calcular la amortització (lineal) d'aquests recursos s'ha considerat una duració del projecte de 0,5 anys. El segon apartat conté el càlcul del cost dels recursos humans i el darrer apartat resumeix el pressupost final del projecte.

Cost dels recursos materials i informàtics			
Concepte	Preu unitari	Amortització	Import
Autodesk AutoCAD LT (llicència anual)	484,00 €	0,5	242,00 €
Microsoft Office 365 Personal (llicència anual)	69,00 €	0,5	34,50 €
Ordinador de sobretaula	739,00 €	0,1	73,90 €
Total recursos materials i informàtics			350,40 €

Cost dels recursos humans			
Concepte	Preu €/hora	Hores	Import
Documentació	25,00 €	34	850,00 €
Estudi i anàlisi	25,00 €	82	2.050,00 €
Redacció de la memòria	25,00 €	121	3.025,00 €
Total recursos humans			5.925,00 €

Pressupost del projecte	
Concepte	Import
Cost dels recursos materials i informàtics	350,40 €
Cost dels recursos humans	5.925,00 €
Subtotal	6.275,40 €
IVA (21%)	1.317,83 €
Total	7.593,23 €

Taula 5.1 Pressupost del projecte amb el desglossament dels costos

6. Impacte mediambiental

Aquest projecte està estretament relacionat amb l'eficiència energètica i la sostenibilitat. S'emmarca en el Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica; que pretén, també mitjançant estudis com aquest, involucrar estudiants en projectes acadèmics sobre el campus de la universitat.

Són també objectius d'aquest pla de la UPC reduir la demanda energètica en un 20% respecte al 2007 i millorar l'eficiència energètica dels edificis, intentant reduir la intensitat energètica dels campus.

En el cas d'aquest estudi, de la mateixa manera que molts altres que l'han precedit, es busca centrar l'atenció sobre un campus, escola o edifici concret de la universitat per tal de millorar-ne l'eficiència energètica; amb la finalitat de reduir l'impacte mediambiental, ja sigui en forma de recursos materials o emissions de gasos d'efecte hivernacle.

No obstant, malgrat l'estreta vinculació d'aquest projecte amb l'eficiència energètica elèctrica i la sostenibilitat, l'impacte d'aquest estudi no té una gran rellevància. Aquest és un estudi completament teòric, l'impacte del qual es limita al consum elèctric de l'ordinador utilitzat i l'accés a internet.

Conclusions

L'objectiu d'aquest projecte és estudiar el consum elèctric de l'edifici H de l'ETSEIB i intentar identificar quin ús se'n fa de l'energia.

En primer lloc, s'han estudiat diversos projectes relatius a l'eficiència energètica i la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, tant centrats en la UPC i l'ETSEIB com d'altres de caràcter més genèric. Aquests projectes han servit per establir una metodologia a seguir al llarg dels diferents apartats i han remarcat alguns fets importants, com ara la necessitat de triar un bon indicador del rendiment energètic quan es valora o compara un edifici.

A continuació s'ha analitzat l'evolució del consum elèctric de l'edifici H de l'ETSEIB i s'ha proposat una regressió lineal múltiple per tal de modelitzar-lo. D'aquest procés se n'extreuen les següents conclusions:

- De totes les variables proposades, han resultat ser significatives la temperatura exterior i l'ocupació de l'edifici expressada en dies laborables del personal. Per 4 pisos també ha resultat significativa l'ocupació de les aules.
- El model és vàlid per caracteritzar el consum elèctric de l'edifici en conjunt i també al ser aplicat a cada planta per separat, excepte a la 9 i la 11. Aquestes plantes en les que no s'ha validat el model i d'altres amb un ajust pobre, contenen una superfície elevada d'instal·lacions per les quals manquen dades.

De l'estudi comparatiu entre pisos se n'extreuen les següents conclusions:

- Les plantes amb un consum major també mantenen el consum més estable al llarg de l'any, esdevenint menys sensibles als canvis de temperatura.
- Les plantes amb una major quantitat d'aules de docència tendeixen a tenir una menor intensitat energètica, al contrari de les que tenen una major quantitat d'instal·lacions de serveis.
- Les plantes amb una densitat de llocs de treball major en els seus despatxos tendeixen a tenir una intensitat energètica menor, possiblement degut a que es comparteixen alguns dels recursos emprats, com ara lluminàries o la climatització.
- Les plantes 3 i 11 tenen instal·lacions i variables d'ocupació similars a altres pisos de l'edifici però presenten un consum molt elevat.
- La planta 4 podria ser un referent ja que té un consum molt reduït, i destaca pel seu consum gairebé inexistent en els períodes de vacances.

En relació a les estimacions de l'origen del consum elèctric:

- No s'ha pogut realitzar una bona estimació de l'ús final de l'energia amb les dades que es disposa.
- S'ha estimat el consum atribuïble a cada tipus d'espai present a l'edifici. Segons aquesta aproximació, els despatxos serien la instal·lació més consumidora amb un 40% de la despesa, seguit dels laboratoris amb un 20%.

Limitacions

La primera limitació està relacionada amb la qualitat de les dades recollides. S'ha disposat del consum registrat per cada analitzador de xarxes de l'edifici H durant tot un any però agregat per mesos, resultant una mostra molt petita, amb molta variància i escassa normalitat. En aquest context, els resultats obtinguts en mesos pic i vall de consum elèctric (per exemple gener i agost) han tingut una especial rellevància en el moment de determinar la tendència lineal d'algunes variables, perquè els seus valors disten molt de la resta.

En segon lloc, no s'ha disposat de dades de distribució dels espais ni d'ocupació del personal durant l'any 2017 i ha calgut estimar aquests valors emprant dades actuals. Si bé és cert que l'escola no ha patit canvis importants durant el període 2017-2019 (com sí que ho va fer el 2015-2016 durant el trasllat d'algunes unitats acadèmiques al campus Besòs) sempre que sigui possible és desitjable minimitzar aquests tipus d'hipòtesis.

En tercer lloc, no es disposa d'informació que quantifiqui l'ocupació dels següents espais:

- Ocupació dels laboratoris. A més, seria interessant distingir entre laboratoris d'investigació i de docència, doncs els primers possiblement tinguin una ocupació regular i els segons, en canvi, una ocupació de caràcter esporàdic.
- Ocupació de les aules d'informàtica fora dels horaris previstos de classe.
- Ocupació de les sales d'estudi ubicades en espais comuns. Això és especialment rellevant per aquelles zones que disposen de consums molt dependents d'aquesta variable, com l'ús dels endolls. Altres consums, com el de les lluminàries, no depenen de l'ocupació ja que aquestes funcionarien de totes maneres.
- Ocupació de les aules de pràctiques i projectes del soterrani -1, així com de l'aula lliure a la planta 11.

Aquestes limitacions han sigut un impediment que no ha fet possible estudiar alguns fenòmens particulars, com els consums residuals, ni suggerir propostes de millora concretes. Cal recordar la importància dels aparells de mesura i la necessitat de reparar aquests sistemes per tornar a recollir dades de cara a l'elaboració de futurs estudis.

Treballs futurs

Per tal de poder dur a terme futurs estudis relacionats amb el consum elèctric de l'ETSEIB, en primer lloc, caldria arreglar el sistema de monitorització avariada des del maig del 2018, això permetria recollir noves dades que representessin la situació actual amb exactitud.

Pot ser interessant per futurs investigadors aconseguir dades de consum en els períodes de baixa activitat, ja siguin les nits d'entre setmana, els caps de setmana o els períodes de vacances, amb la finalitat d'estudiar el consum residual. Doncs aquest consum pot representar una fracció molt important del total d'un edifici de campus universitari [26].

A més a més, amb la mateixa mentalitat de recollir dades per a futures anàlisis, pot ser interessant inventariar els aparells de condicionament d'aire instal·lats a l'escola, de forma anàloga al que ja existeix relatiu a les lluminàries. Aquests aparells són responsables d'un 52% del consum elèctric total en edificis d'oficines a Espanya [34], i podrien tenir també un impacte molt elevat en el consum de l'ETSEIB.

Molts estudis anteriors a aquest projecte van proposar millores que encara no s'han implementat en l'ETSEIB [4], [13], [14], [23]. Un futur estudi que superi les limitacions descrites en aquest capítol podria revisar aquestes millores i estudiar-ne la viabilitat.

En darrer lloc, cal tenir en compte que l'accés a unes dades del consum elèctric suficientment grans i exhaustives obre la porta a noves tècniques d'anàlisi, com són les xarxes neuronals [35] o els mètodes de monitorització de consum elèctric no intrusius [36].

Agraïments

En primer lloc agrair al tutor del projecte, en Roberto Villafáfila, la senzillesa amb la que ha portat el procés d'elaboració d'aquest treball i també tota la informació facilitada.

Donar les gràcies també a la meva família pel seu recolzament i pel seu ajut al revisar aquest document.

Bibliografia

- [1] ORGANITZACIÓ DE LES NACIONS UNIDES, *Protocolo de Kioto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. 1998.
[<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>, 11 març 2019].
- [2] COMISSIÓ EUROPEA, *Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020*.
[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es, 11 març 2019].
- [3] GERÈNCIA DE LA UPC, *Pla UPC 2020 de Sostenibilitat Energètica*. 2015.
[https://www.upc.edu/normatives/ca/butlleti-upc/hemeroteca/2015-2016/butlleti-upc-166/copy_of_bupc-num-docs/docs-consell-govern/16.14-aprovacio-del-pla-upc2020-sostenibilitat-energetica, 12 març 2019].
- [4] R. ÁLVAREZ PÉREZ, *Monitorización y análisis del consumo energético de la ETSEIB*. 2018. [<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/117267>, 14 març 2019].
- [5] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, *SIRENA 3.8.21*.
[<https://sirenaupc.dexcell.com/dashboard/widgets.htm>, 18 març 2019].
- [6] D. FERRER, J. M. SABATÉ, *Informe Final. El Pla d'Estalvi Energètic de la UPC 2011-2014*, Universitat Politècnica de Catalunya. 2014.
[<https://www.upc.edu/gestiosostenible/ca/plans-upc/pla-destalvi-energetic/acords-de-govern-destalvi-energetic/seguiment-de-resultats/informe-final-pla-destalvi-energetic-2011-14/view>, 13 març 2019].
- [7] GENERALITAT DE CATALUNYA. INSTITUT CATALÀ DE L'ENERGIA, *Pla de l'Energia i del Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020*. 2012.
[http://icaen.gencat.cat/web/.content/30_Plans_programes/31_PlaEnergiaCanviClimatic_PECAC/arxius/20121001_pecac.pdf, 13 març 2019].
- [8] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. GABINET DE SOSTENIBILITAT I D'IGUALTAT D'OPORTUNITATS, *Informe SIRENA 2016. Avaluació del consum d'energia i aigua de la UPC*. 2017.
[<https://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/informe-sirena-2016-avaluacio-del-consum-d2019energia-i-aigua-de-la-upc>, 14 març 2019].
- [9] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. GABINET DE SOSTENIBILITAT I D'IGUALTAT D'OPORTUNITATS, *Informe SIRENA 2017. Avaluació del consum d'energia i aigua de la UPC*. 2018.
[<https://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/informe-sirena-2017-avaluacio-del-consum-d2019energia-i-aigua-de-la-upc>, 14 març 2019].

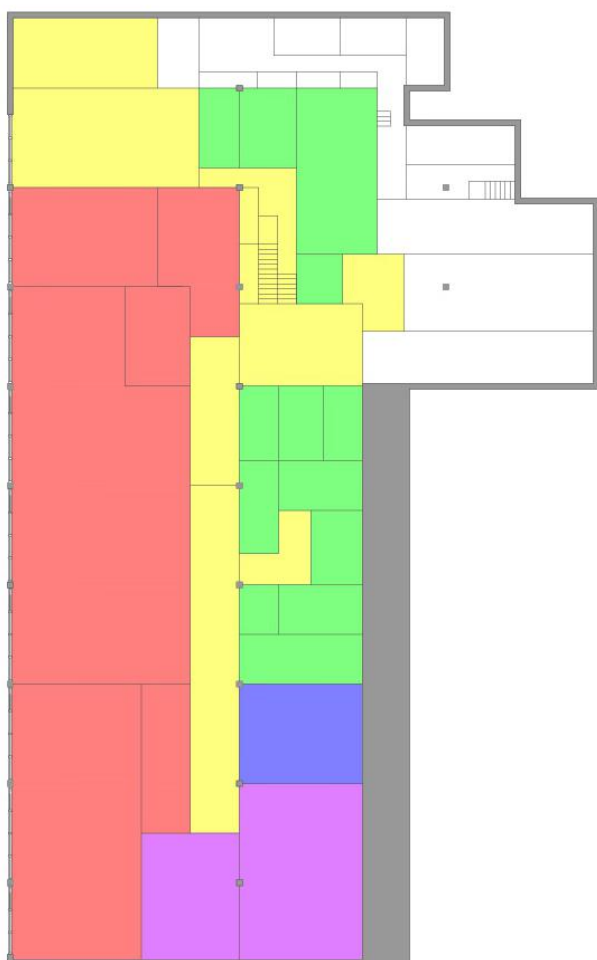
- [10] GENERALITAT DE CATALUNYA. INSTITUT CATALÀ DE L'ENERGIA, *Edificis de consum d'energia gairebé zero*. 2017.
[http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/11_Edificis_energia_zero.pdf, 14 març 2019].
- [11] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. OFICINA DE MITJANS DE COMUNICACIÓ, *Noves aules a l'ETSEIB en clau d'eficiència energètica*. 2012.
[<https://saladeprensa2.upc.edu/pdi-pas/noves-aules-a-letseib-en-clau-deficiencia-energetica.html>, 14 març 2019].
- [12] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. GABINET DE SOSTENIBILITAT I D'IGUALTAT D'OPORTUNITATS, *S'inicien els treballs del projecte BISOL a la Biblioteca de l'ETSEIB*. 2016. [<https://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/sinicien-els-treballs-del-projecte-bisol-a-la-biblioteca-de-letseib>, 14 març 2019].
- [13] M. POLL SEGUI, *Planificació energètica per la implantació de la norma ISO 50001 a l'ETSEIB*. 2016. [<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/89248>, 28 maig 2019].
- [14] E. BIGAS VILA, *Certificació Energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB*. 2017.
[<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/111262>, 18 març 2019].
- [15] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. GABINET DE SOSTENIBILITAT I D'IGUALTAT D'OPORTUNITATS, *La UPC contracta l'energia elèctrica amb garantia d'origen 100% renovable*. 2018. [<https://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/la-upc-contracta-lenergia-electrica-amb-garantia-dorigen-100-renovable>, 14 març 2019].
- [16] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, *ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía: Requisitos con orientación para su uso*. 2014. .
- [17] CIRCUTOR, J. SERRA, *Guía técnica de eficiencia energética eléctrica*. 2008.
[<http://circutor.es/es/documentacion-es/eficiencia-energetica-electrica/556-guia-tecnica-de-eficiencia-energetica-electrica>, 27 març 2019].
- [18] A. CURTO FARRÉ, *Estudi dels factors clau per a l'estalvi energètic assolit a la UPC*. 2017. [<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/110608>, 05 juny 2019].
- [19] J. MARTÍNEZ, F. IRETA, M. A. HERNÁNDEZ, J. M. LOZANO, H. GUTIÉRREZ, A *modified analysis of electrical energy consumption in University buildings*. 2017. .

- [20] Y. DING, Z. ZHANG, Q. ZHANG, W. LV, Z. YANG, N. ZHU, *Benchmark analysis of electricity consumption for complex campus buildings in China*, Applied Thermal Engineering. ELSEVIER LTD, 2018.
[https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.12.024, 05 juny 2019].
- [21] SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA, *Anuari de dades meteorològiques 2017. Taules de dades de la xarxa d'estacions meteorològiques automàtiques*.
[http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/serveis-i-dades-climatiques/anuaris-de-dades-meteorologiques/xarxa-destacions-meteorologiques-automatiques/, 05 juny 2019].
- [22] GOBIERNO DE ESPAÑA. MINISTERIO DE FOMENTO, *Código técnico de la edificación. Documento Básico HE. Ahorro de energía*. 2017.
[https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf, 05 juny 2019].
- [23] L. PONS GARCIA, *Propostes de millora energètica de l'edifici I de l'ETSEIB*. 2018.
[https://upcommons.upc.edu/handle/2117/122786, 05 juny 2019].
- [24] LA VANGUARDIA HEMEROTECA, *La vanguardia española. Portada del domingo 09 diciembre 1962*. 1962.
[http://hemeroteca.lavanguardia.com/preview/1962/12/09/pagina-1/32721920/pdf.html, 05 juny 2019].
- [25] M. HAFER, *Quantity and electricity consumption of plug load equipment on a university campus*. ENERGY EFFICIENCY, 2017. .
- [26] Y. KIM, J. SREBRIC, *Impact of occupancy rates on the building electricity consumption in commercial buildings*, Energy & Buildings. ELSEVIER B.V., 2017.
[http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.056, 05 juny 2019].
- [27] C. M. CLEVINGER, J. R. HAYMAKER, M. JALILI, *Demonstrating the Impact of the Occupant on Building Performance*. 2014. .
- [28] E. AZAR, C. C. MENASSA, *Optimizing the Performance of Energy-Intensive Commercial Buildings : Occupancy-Focused Data Collection and Analysis Approach*. 2016. .

- [29] P. G. LOUTZENHISER, H. MANZ, C. FELSMANN, P. A. STRACHAN, T. FRANK, G. M. MAXWELL, *Empirical validation of models to compute solar irradiance on inclined surfaces for building energy simulation*, Solar Energy. 2007.
[<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X06000879>, 23 maig 2019].
- [30] INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA, *Descàrregues. Fulls de base topogràfica 1:5000*. [<http://www.icc.cat/appdownloads/?c=dlftopo5m>, 07 juny 2019].
- [31] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, *Servei de directori de la UPC*. [<https://directori.upc.edu/directori/>, 05 juny 2019].
- [32] *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona*. [<https://etseib.upc.edu/ca>, 05 juny 2019].
- [33] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. SECRETARIA GENERAL, *UPC transparent*. [<https://www.upc.edu/transparencia/ca>, 05 juny 2019].
- [34] L. PÉREZ-LOMBARD, J. ORTIZ, C. POUT, *A review on buildings energy consumption information*. 2008.
[<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807001016>, 05 juny 2019].
- [35] M. CABEZÓN MANCHADO, *Predicción demanda eléctrica española. Implementación de redes neuronales recurrentes en Python*. 2018.
[https://eprints.ucm.es/49444/1/2018-MIGUEL_CABEZON_Memoria.pdf, 11 juny 2019].
- [36] A. ZOHA, A. GLUHAK, M. A. IMRAN, S. RAJASEGARAR, *Non-Intrusive Load Monitoring Approaches for Disaggregated Energy Sensing: A Survey*. 2012.
[https://www.researchgate.net/publication/233881035_Non-Intrusive_Load_Monitoring_Approaches_for_Disaggregated_Energy_Sensing_A_Survey, 11 juny 2019].

Annex A. Esquemes de distribució de l'espai a les plantes de l'edifici H

Annex A.1. Distribució de l'espai a la planta -1



PLANTA -1



	Espai comú
	Aules
	Aules d'informàtica
	Despatxos
	Laboratoris
	Serveis

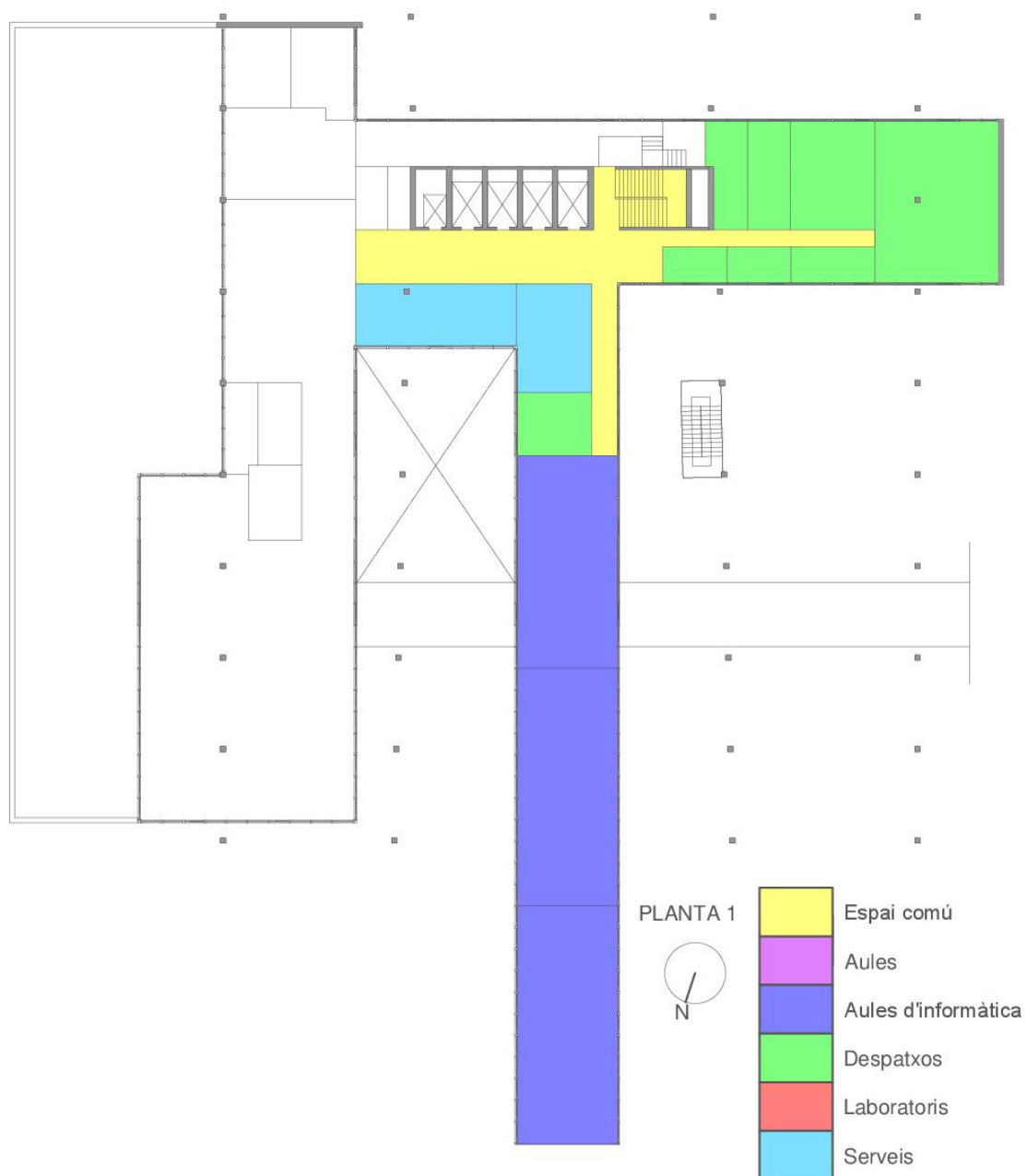
Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	124,91	10,61
Aules d'informàtica	44,67	3,79
Despatxos/oficines	206,46	17,54
Espai comú	291,35	24,75
Laboratoris	509,77	43,31
Serveis	0,00	0,00
Total comptabilitzat	1177,16	100,00

Annex A.2. Distribució de l'espai a la planta 0



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	577,96	24,81
Aules d'informàtica	0,00	0,00
Despatxos/oficines	143,78	6,17
Espai comú	1410,57	60,55
Laboratoris	0,00	0,00
Serveis	197,33	8,47
Total comptabilitzat	2329,64	100,00

Annex A.3. Distribució de l'espai a la planta 1



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	0,00	0,00
Aules d'informàtica	296,78	41,17
Despatxos/oficines	216,24	30,00
Espai comú	129,63	17,98
Laboratoris	0,00	0,00
Serveis	78,24	10,85
Total comptabilitzat	720,89	100,00

Annex A.4. Distribució de l'espai a la planta 2



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	174,90	11,03
Aules d'informàtica	0,00	0,00
Despatxos/oficines	592,09	37,33
Espai comú	461,36	29,09
Laboratoris	357,82	22,56
Serveis	0,00	0,00
Total comptabilitzat	1586,17	100,00

Annex A.5. Distribució de l'espai a la planta 3



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	488,87	30,82
Aules d'informàtica	0,00	0,00
Despatxos/oficines	470,64	29,67
Espai comú	475,45	29,98
Laboratoris	151,09	9,53
Serveis	0,00	0,00
Total comptabilitzat	1586,05	100,00

Annex A.6. Distribució de l'espai a la planta 4



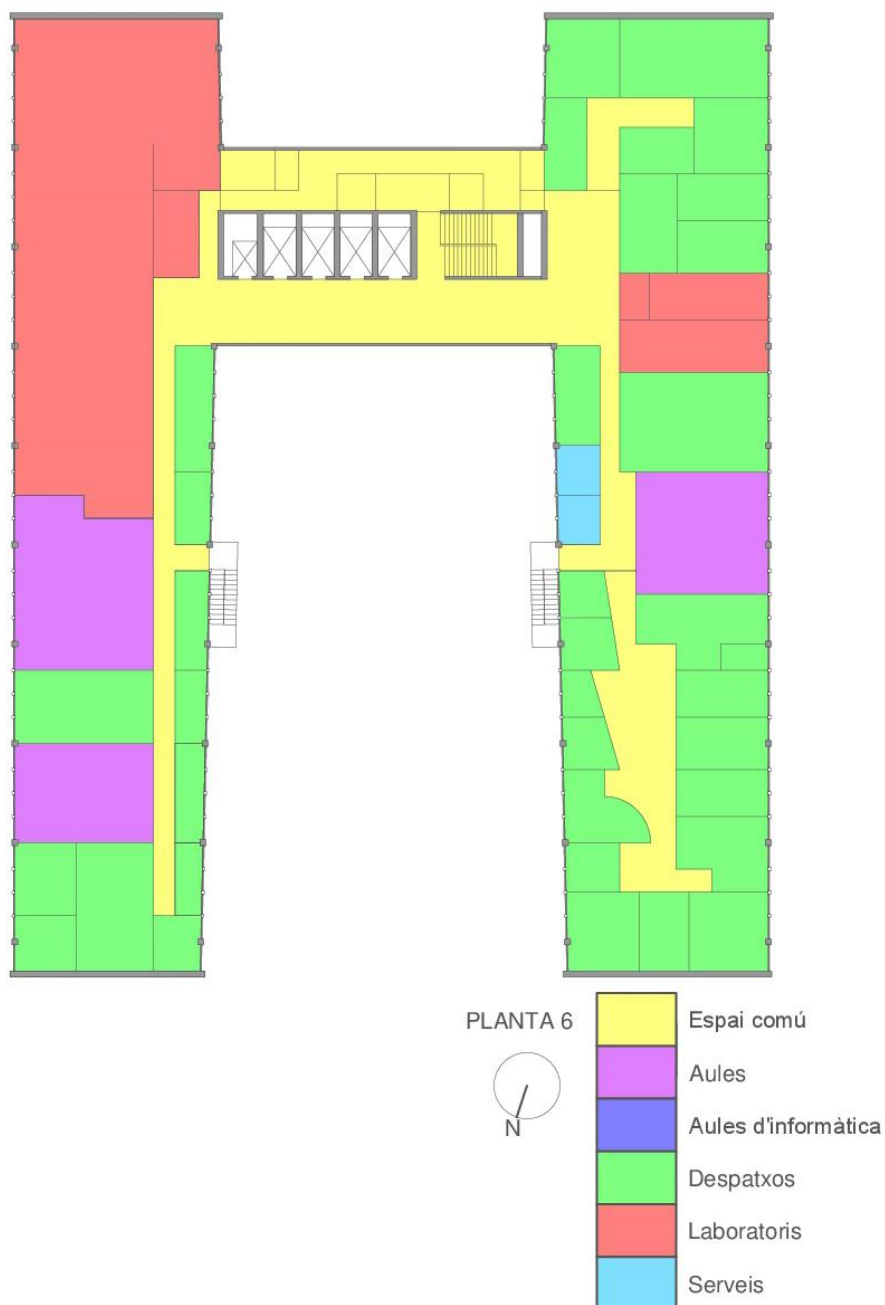
Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	573,72	35,87
Aules d'informàtica	0,00	0,00
Despatxos/oficines	321,96	20,13
Espai comú	474,56	29,67
Laboratoris	229,24	14,33
Serveis	0,00	0,00
Total comptabilitzat	1599,48	100,00

Annex A.7. Distribució de l'espai a la planta 5



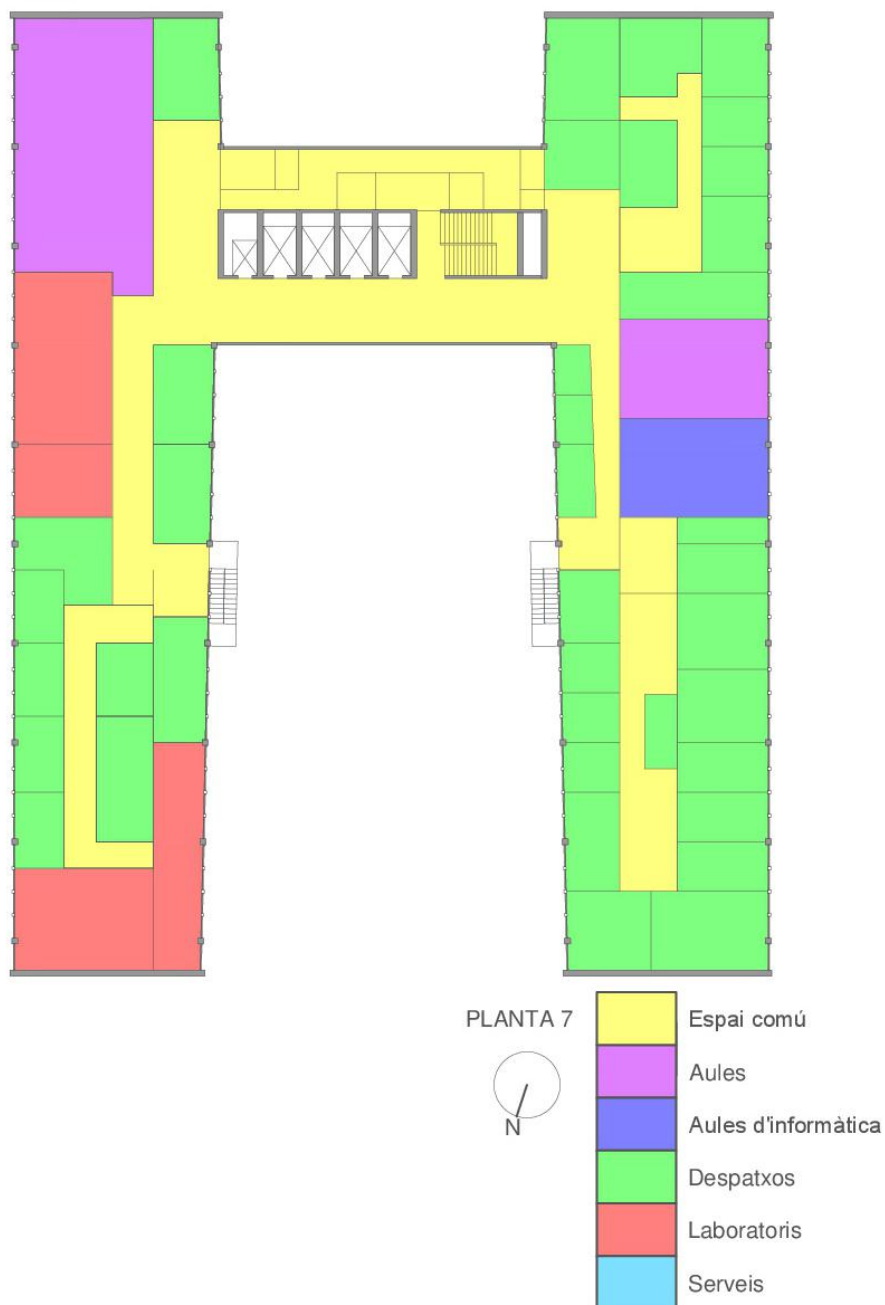
Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	84,24	5,31
Aules d'informàtica	587,30	37,03
Despatxos/oficines	487,90	30,77
Espai comú	421,77	26,60
Laboratoris	0,00	0,00
Serveis	4,62	0,29
Total comptabilitzat	1585,83	100,00

Annex A.8. Distribució de l'espai a la planta 6



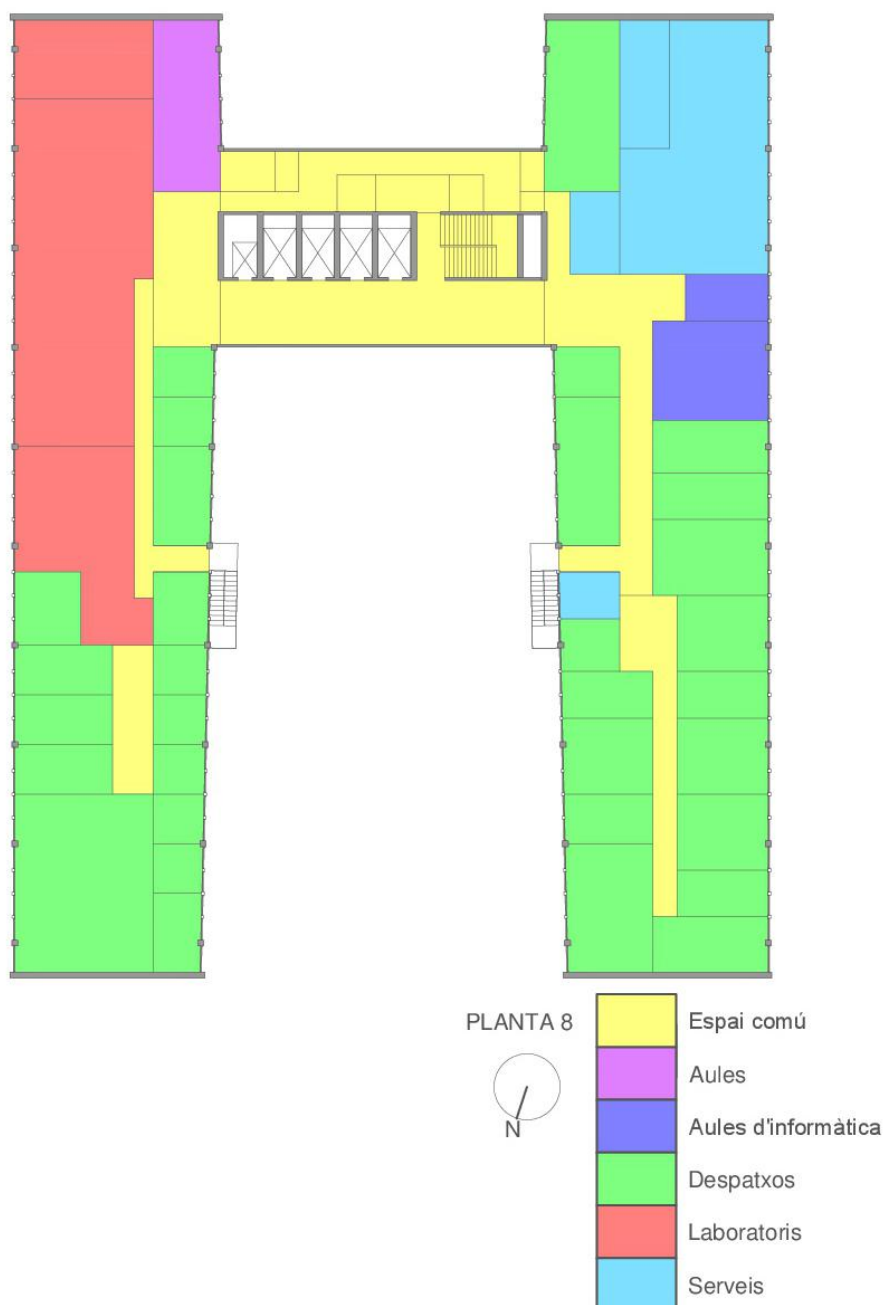
Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	193,39	12,09
Aules d'informàtica	0,00	0,00
Despatxos/oficines	636,63	39,81
Espai comú	394,99	24,70
Laboratoris	358,54	22,42
Serveis	15,43	0,96
Total comptabilitzat	1598,98	100,00

Annex A.9. Distribució de l'espai a la planta 7



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	186,90	11,78
Aules d'informàtica	54,12	3,41
Despatxos/oficines	667,34	42,08
Espai comú	496,81	31,33
Laboratoris	180,76	11,40
Serveis	0,00	0,00
Total comptabilitzat	1585,93	100,00

Annex A.10. Distribució de l'espai a la planta 8



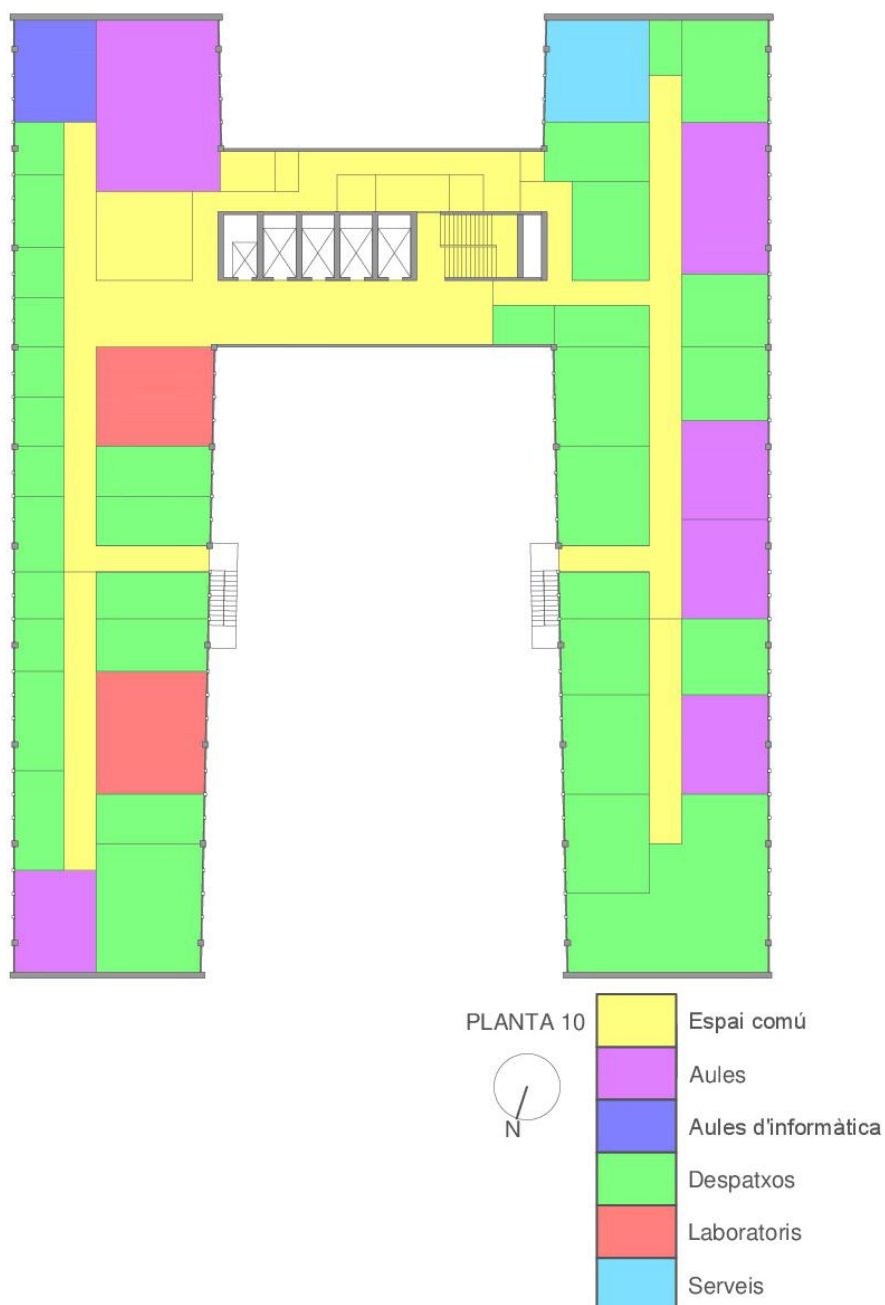
Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	41,41	2,59
Aules d'informàtica	56,26	3,52
Despatxos/oficines	684,42	42,79
Espai comú	376,07	23,51
Laboratoris	277,60	17,36
Serveis	163,74	10,24
Total comptabilitzat	1599,50	100,00

Annex A.11. Distribució de l'espai a la planta 9



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	192,47	12,03
Aules d'informàtica	0,00	0,00
Despatxos/oficines	456,43	28,54
Espai comú	491,40	30,72
Laboratoris	459,16	28,71
Serveis	0,00	0,00
Total comptabilitzat	1599,46	100,00

Annex A.12. Distribució de l'espai a la planta 10



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	250,43	15,66
Aules d'informàtica	30,38	1,90
Despatxos/oficines	733,36	45,85
Espai comú	454,62	28,43
Laboratoris	91,99	5,75
Serveis	38,58	2,41
Total comptabilitzat	1599,36	100,00

Annex A.13. Distribució de l'espai a la planta 11



Tipus d'espai	Superfície [m ²]	Percentatge del total [%]
Aules	79,52	5,04
Aules d'informàtica	0,00	0,00
Despatxos/oficines	746,14	47,29
Espai comú	347,83	22,05
Laboratoris	404,24	25,62
Serveis	0,00	0,00
Total comptabilitzat	1577,73	100,00

Annex B. Ocupació programada de les aules de l'edifici H de l'ETSEIB durant l'any 2017

Les dades d'aquest annex han estat obtingudes de la consergeria de l'ETSEIB i dels calendaris acadèmics i d'exàmens dels cursos 2016-2017 i 2017-2018.

[Hores] \ Planta i aula			0.					1.			2.		3.						4.					5.						6.		7.	8.	9.		10.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
			1	2	3	4	5	1	2	3	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	6	22	42	1	1	1	2	14	15	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Cuadri. estudis i dia																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</

[Hores]		0.					1.			2.		3.						4.					5.						6.		7.	8.	9.	10.					
		1	2	3	4	5	1	2	3	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	22	42	1	1	1	2	14	15	21
Hores soltes	Gener																4																						
	Febrer																																						
	Març						16	8																									40						
	Abril																																						
	Maig																																						
	Juny																																						
	Juliol																																						
	Agost																																						
	Setembre																																						
	Octubre						32	30	32															6															
	Novembre																										6							4					
	Desembre																							1			12							2					

[Hores]		0.					1.			2.		3.						4.					5.						6.		7.	8.	9.		10.			
		1	2	3	4	5	1	2	3	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	22	42	1	1	1	2	14	15
Hores d'exàmens	F. Gener	160	156	160	176	168	8	8	8	124	0	0	0	0	4	0	0	100	48	24	16	12	12	20	20	20	4	12	0	0	0	60	0	80	0	0	0	0
	P. Abril	37,5	45	45	45	45	3	1,5	1,5	34,5	0	0	0	0	0	0	0	24	10,5	6	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	4,5	0	4,5	0	0	0	0
	F. Juny	148	156	160	164	144	8	8	8	80	0	0	0	0	0	0	0	76	60	32	12	8	8	12	12	12	16	4	0	0	0	16	0	12	0	0	0	0
	Reavaluació	20	60	60	60	48	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	32	20	12	4	0	4	8	8	4	0	4	40	0	0	16	0	12	8	0	0	0
	P. Octubre	18	24	24	24	24	0	0	0	22,5	0	0	0	0	0	0	0	16,5	9	3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,5	0	7,5	0	0	0	0
	P. Novembre	21	19,5	22,5	22,5	22,5	0	0	0	19,5	0	0	0	0	0	0	0	19,5	10,5	3	1,5	0	3	3	3	1,5	0	1,5	0	0	0	13,5	0	9	0	0	0	0

[Hores]		0.					1.			2.		3.						4.					5.						6.		7.	8.	9.		10.			
		1	2	3	4	5	1	2	3	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	6	22	42	1	1	1	2	14	15	21
Ocupació de cada aula	Gener	160	156	160	176	168	8	8	8	124	0	0	0	0	4	0	0	100	48	24	16	12	12	20	20	20	4	12	0	0	0	60	0	80	0	0	0	0
	Febrer	100	101	72	90,5	93,5	20	22	20	110	18	109	94	35	85,5	48,5	49	133	117	100	98,5	98,5	105	77	82	119	55	67	93	90	35	80	21	85,5	45	24	41	79,5
	Març	187	186	131	169	176	52	42	36	209	38	213	172	73,5	160	95	94,5	246	216	191	182	192	200	154	170	224	107	140	177	173	66,5	155	75	160	88	53	88,5	152
	Abril	120	127	103	119	122	19	17,5	17,5	126	16	92	76	31	70	41	41	131	106	89	80	83	90	69	75	101	44	59	77	75	29	71,5	16	74,5	38	22	37	66
	Maig	177	181	132	163	170	40	36	38	199	38	188	147	62	147	79,5	77,5	204	177	158	166	171	184	139	156	214	90	122	155	157	58	147	32	143	73	48	82	148
	Juny	166	171	168	179	156	8	10	8	96	2	8,5	4	1,5	5	3	0	80	60	34	18	15	18	18	28	26	16	7	7,5	6	0	30,5	3	19	2	0	6	8
	Juliol	20	60	60	60	48	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	32	20	12	4	0	4	8	8	4	0	4	40	0	0	16	0	12	8	0	0	0
	Agost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Setembre	110	96	71	78	93	0	2	0	99	12	55,5	52,5	52	77	8	6	59,5	67,5	60,5	66	90	94	86	112	108	43,5	41	67	54,5	26	87	32	78	24	71	59,5	35
	Octubre	179	170	128	138	159	32	30	32	170	16	123	101	97	125	16	12	144	151	135	102	159	128	136	170	156	83	86,5	111	120	48	136	50,5	135	44	94,5	94,5	52
	Novembre	181	166	127	139	164	0	0	0	168	16	120	101	96	122	16	12	156	154	134	102	161	129	133	169	158	90	87,5	112	122	46	141	54	140	41	94	92,5	52
	Desembre	109	99	71	77,5	91,5	0	0	0	103	12	82	68	66	85,5	10	7,5	87	96	88	67,5	109	86	89	116	106	70	62,5	76,5	85	32	85,5	37,5	83	31,5	63,5	64	33

[Hores]		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Ocupació aules per planta	Gener	0	820	24	124	4	200	88	0	60	0	80	0	0	1400
	Febrer	0	457	62	128	421	547	598	125	80	21	131	145	0	2714
	Març	0	849	130	247	808	1026	1171	239	155	75	248	293	0	5238
	Abril	0	591	54	142	351	489	515	104	71,5	16	113	125	0	2570
	Maig	0	822	114	237	700	875	1060	215	147	32	216	278	0	4694
	Juny	0	838	26	98	22	207	121	6	30,5	3	21	14	0	1386
	Juliol	0	248	0	28	0	68	68	0	16	0	20	0	0	448
	Agost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Setembre	0	448	2	111	251	344	552	80,5	87	32	102	166	0	2174
	Octubre	0	774	94	186	474	689	871	168	136	50,5	179	241	0	3861
	Novembre	0	775	0	184	466	707	878	168	141	54	181	239	0	3791
	Desembre	0	448	0	115	319	447	606	117	85,5	37,5	115	161	0	2449

Annex C. Resultats de les regressions lineals múltiples sobre consum elèctric de l'edifici H

Regressió amb 3 variables. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,91336967
Coefficiente de determinación R ²	0,83424415
R ² ajustado	0,77208571
Error típico	9,59498186
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	3706,8295	1235,609833	13,4212523	0,00172995
Residuos	8	736,509415	92,06367689		
Total	11	4443,33892			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	104,820807	13,6617704	7,672563956	5,892E-05	73,3167083	136,324907
Temperatura	-2,50884838	0,54708504	-4,585847134	0,00178826	-3,77042875	-1,24726801
Ocupació del personal [dies]	2,33332535	0,56749262	4,111639998	0,00338297	1,02468503	3,64196568
Ocupació aules [hores]	-0,00492883	0,00243359	-2,02533065	0,07741594	-0,01054069	0,00068304

Regressió amb 2 variables. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,86559435
Coeficiente de determinación R ²	0,74925358
R ² ajustado	0,69353215
Error típico	11,1263018
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	3329,18759	1664,593795	13,4464177	0,0019795
Residuos	9	1114,15133	123,7945917		
Total	11	4443,33892			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	96,338283	15,0793315	6,388763517	0,00012694	62,2264652	130,450101
Temperatura	-2,05373282	0,57841254	-3,550636765	0,00620969	-3,36219288	-0,74527276
Ocupació del personal [dies]	1,66274516	0,5344503	3,111131487	0,01249604	0,45373458	2,87175574

Annex D. Resultats de les regressions lineals múltiples sobre el consum elèctric a cada una de les plantes de l'edifici H

Planta -1 iteració 1/1. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,94201512
Coeficiente de determinación R ²	0,8873925
R ² ajustado	0,86236861
Error típico	0,23377034
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	3,87587489	1,93793744	35,4618126	5,3958E-05
Residuos	9	0,49183715	0,05464857		
Total	11	4,36771204			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	0,94216709	0,31682589	2,97376925	0,01560663	0,22545713	1,65887705
Temperatura	-0,029407	0,0121528	-2,4197723	0,03862505	-0,05689854	-0,00191546
Ocup. Personal	0,08454098	0,01122912	7,52872429	3,5833E-05	0,05913894	0,10994303

Planta 0 iteració 1/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,83384899
Coeficiente de determinación R ²	0,69530414
R ² ajustado	0,58104319
Error típico	1,12413817
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	23,0694709	7,68982362	6,08522986	0,01843612
Residuos	8	10,1094931	1,26368663		
Total	11	33,1789639			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	6,49987651	1,64606739	3,94873049	0,00424357	2,7040383	10,2957147
Temperatura	-0,23310661	0,06453712	-3,61197743	0,00686196	-0,38192946	-0,08428375
Ocup. Personal	0,05527949	0,07928011	0,69726802	0,50538966	-0,12754078	0,23809976
Ocup. Aules	-0,00018512	0,00208562	-0,08876234	0,93145262	-0,00499456	0,00462432

Planta 0 iteració 2/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,83366903
Coeficiente de determinación R ²	0,69500406
R ² ajustado	0,62722718
Error típico	1,0603694
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	23,0595146	11,5297573	10,2542947	0,00477885
Residuos	9	10,1194493	1,12438326		
Total	11	33,1789639			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	6,44455864	1,43710479	4,4844041	0,00152273	3,19360173	9,69551554
Temperatura	-0,23067597	0,05512442	-4,184642	0,00235979	-0,35537608	-0,10597587
Ocup. Personal	0,05012701	0,05093469	0,98414281	0,35076081	-0,06509527	0,16534929

Planta 0 iteració 3/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,81374557
Coeficiente de determinación R ²	0,66218185
R ² ajustado	0,62840004
Error típico	1,05869997
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	21,9705077	21,9705077	19,6017251	0,00127933
Residuos	10	11,2084562	1,12084562		
Total	11	33,1789639			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	7,48854425	0,96798825	7,7361933	1,5775E-05	5,33173201	9,64535648
Temperatura	-0,2400262	0,05421401	-4,42738355	0,00127933	-0,36082253	-0,11922986

Planta 1 iteració 1/3. Dades extreptes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,82375424
Coeficiente de determinación R ²	0,67857105
R ² ajustado	0,55803519
Error típico	1,46644724
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	36,318943	12,1063143	5,62961975	0,02262719
Residuos	8	17,20374	2,1504675		
Total	11	53,522683			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	8,14807841	1,9874667	4,09973078	0,00343904	3,56497198	12,7311848
Temperatura	-0,28266365	0,07666133	-3,68717397	0,0061552	-0,45944498	-0,10588231
Ocup. Personal	0,10486812	0,0765525	1,36988491	0,20793435	-0,07166227	0,28139851
Ocup. Aules	-0,01160557	0,00949298	-1,22254215	0,25629532	-0,03349643	0,01028528

Planta 1 iteració 2/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,78646024
Coeficiente de determinación R ²	0,61851971
R ² ajustado	0,53374631
Error típico	1,50620379
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	33,1048342	16,5524171	7,29615326	0,0130805
Residuos	9	20,4178488	2,26864986		
Total	11	53,522683			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	8,15575151	2,04133833	3,99529632	0,00313258	3,53792339	12,7735796
Temperatura	-0,27279105	0,07830159	-3,48385055	0,0068966	-0,44992156	-0,09566054
Ocup. Personal	0,06822426	0,07235028	0,94297162	0,37031793	-0,09544345	0,23189197

Planta 1 iteració 3/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,76212181
Coeficiente de determinación R ²	0,58082965
R ² ajustado	0,53891261
Error típico	1,49783584
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	31,087561	31,087561	13,856649	0,00395925
Residuos	10	22,435122	2,2435122		
Total	11	53,522683			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	9,57664512	1,36949801	6,99281419	3,7479E-05	6,5252134	12,6280768
Temperatura	-0,28551697	0,07670132	-3,72245201	0,00395925	-0,45641815	-0,11461579

Planta 2 iteració 1/2. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,79424024
Coeficiente de determinación R ²	0,63081756
R ² ajustado	0,49237414
Error típico	0,594258
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	4,82728342	1,60909447	4,55650094	0,03834159
Residuos	8	2,8251406	0,35314257		
Total	11	7,65242402			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	4,3851165	0,8392765	5,22487699	0,00079783	2,44974141	6,32049159
Temperatura	-0,09836877	0,03339243	-2,94584003	0,01854327	-0,17537186	-0,02136568
Ocup. Personal	0,09355501	0,03745429	2,49784521	0,03706628	0,00718527	0,17992475
Ocup. Aules	-0,00695024	0,00349414	-1,98911167	0,08188555	-0,01500775	0,00110727

Planta 2 iteració 2/2. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,66950038
Coeficiente de determinación R ²	0,44823075
R ² ajustado	0,32561537
Error típico	0,68494706
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	3,43005179	1,71502589	3,65558321	0,06885076
Residuos	9	4,22237223	0,46915247		
Total	11	7,65242402			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	3,91553522	0,9282998	4,21796409	0,0022462	1,81557517	6,01549526
Temperatura	-0,07315571	0,0356077	-2,05449166	0,0701024	-0,15370592	0,00739449
Ocup. Personal	0,04532157	0,03290133	1,37749964	0,20164291	-0,02910641	0,11974956

Planta 3 iteració 1/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,84248313
Coeficiente de determinación R ²	0,70977782
R ² ajustado	0,6009445
Error típico	0,46490192
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	4,22867671	1,4095589	6,52169607	0,01529158
Residuos	8	1,72907034	0,21613379		
Total	11	5,95774705			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	4,88089136	0,63678118	7,66494287	5,9339E-05	3,41247133	6,3493114
Temperatura	-0,06699586	0,02499761	-2,68009023	0,0279221	-0,12464046	-0,00935126
Ocup. Personal	0,08484198	0,02503902	3,38839085	0,00952261	0,0271019	0,14258206
Ocup. Aules	-0,00107638	0,00058513	-1,83956011	0,10311491	-0,0024257	0,00027293

Planta 3 iteració 2/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,76616872
Coeficiente de determinación R ²	0,58701451
R ² ajustado	0,49523996
Error típico	0,52286211
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	3,49728398	1,74864199	6,39626667	0,01869419
Residuos	9	2,46046307	0,27338479		
Total	11	5,95774705			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	4,71134079	0,70862819	6,64853709	9,3896E-05	3,10831246	6,31436912
Temperatura	-0,05525025	0,02718154	-2,03263898	0,07262409	-0,11673917	0,00623866
Ocup. Personal	0,06400887	0,02511561	2,54856979	0,03126803	0,00719343	0,12082432

Planta 3 iteració 3/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,63041706
Coeficiente de determinación R ²	0,39742567
R ² ajustado	0,33716824
Error típico	0,59916487
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	2,36776161	2,36776161	6,59546297	0,02797867
Residuos	10	3,58998545	0,35899854		
Total	11	5,95774705			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	3,61986377	0,52987641	6,83152465	4,5606E-05	2,43922555	4,80050198
Ocup. Personal	0,07280768	0,0283501	2,56816334	0,02797867	0,00963973	0,13597564

Planta 4 iteració 1/2. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,96708604
Coeficiente de determinación R ²	0,9352554
R ² ajustado	0,91097618
Error típico	0,18090035
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	3,78177334	1,26059111	38,5208101	4,2107E-05
Residuos	8	0,2617995	0,03272494		
Total	11	4,04357284			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,15421907	0,24831203	8,67545172	2,4256E-05	1,58161049	2,72682765
Temperatura	-0,08793052	0,00975142	-9,01719776	1,8273E-05	-0,11041734	-0,06544369
Ocup. Personal	0,01222964	0,01027965	1,18969435	0,26827397	-0,01147528	0,03593457
Ocup. Aules	0,00032378	0,00020407	1,58664217	0,15125501	-0,0001468	0,00079436

Planta 4 iteració 2/2. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,96114551
Coeficiente de determinación R ²	0,92380068
R ² ajustado	0,9068675
Error típico	0,18502777
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	3,73545536	1,86772768	54,5556483	9,3064E-06
Residuos	9	0,30811748	0,03423528		
Total	11	4,04357284			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,31119784	0,21515238	10,742144	1,9659E-06	1,82448935	2,79790634
Temperatura	-0,08792151	0,00997391	-8,81515082	1,0115E-05	-0,11048406	-0,06535896
Ocup. Aules	0,00045349	0,00017644	2,57027939	0,03017396	5,4364E-05	0,00085262

Planta 5 iteració 1/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,86631806
Coeficiente de determinación R ²	0,75050698
R ² ajustado	0,6569471
Error típico	0,72474811
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	12,6403912	4,21346374	8,02167523	0,00852809
Residuos	8	4,20207861	0,52525983		
Total	11	16,8424698			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,59173037	1,00368813	2,58220684	0,03250458	0,27722138	4,90623936
Temperatura	-0,05176136	0,03954458	-1,30893709	0,22690159	-0,14295132	0,03942859
Ocup. Personal	0,10894813	0,04034985	2,70008736	0,02707037	0,0159012	0,20199507
Ocup. Aules	0,00093635	0,00066596	1,40600722	0,19735289	-0,00059936	0,00247206

Planta 5 iteració 2/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,83490983
Coeficiente de determinación R ²	0,69707443
R ² ajustado	0,62975763
Error típico	0,75292134
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	11,740455	5,8702275	10,355134	0,00463459
Residuos	9	5,10201484	0,56689054		
Total	11	16,8424698			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	1,5814512	0,66655322	2,37258053	0,0417321	0,07360305	3,08929935
Ocup. Personal	0,10832159	0,04191543	2,58428914	0,02948842	0,0135023	0,20314088
Ocup. Aules	0,00120108	0,00065917	1,82210814	0,10176236	-0,00029007	0,00269223

Planta 5 iteració 3/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,76506596
Coeficiente de determinación R ²	0,58532592
R ² ajustado	0,54385851
Error típico	0,83571141
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	9,85833416	9,85833416	14,1153245	0,00374032
Residuos	10	6,98413567	0,69841357		
Total	11	16,8424698			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	1,52576401	0,7390683	2,0644425	0,06589483	-0,12098279	3,17251081
Ocup. Personal	0,14856277	0,03954254	3,75703667	0,00374032	0,0604565	0,23666904

Planta 6 iteració 1/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,77936448
Coeficiente de determinación R ²	0,607409
R ² ajustado	0,46018737
Error típico	0,52939775
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	3,46892606	1,15630869	4,12581368	0,0483666
Residuos	8	2,24209579	0,28026197		
Total	11	5,71102185			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,66163264	0,72930656	3,64953888	0,0064987	0,9798487	4,34341659
Temperatura	-0,06578944	0,02868934	-2,29316702	0,05101205	-0,13194718	0,00036829
Ocup. Personal	0,0719993	0,02839378	2,53574234	0,03494162	0,00652314	0,13747546
Ocup. Aules	-0,00271167	0,00214239	-1,26572422	0,24122724	-0,00765202	0,00222868

Planta 6 iteració 2/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,72717935
Coeficiente de determinación R ²	0,52878981
R ² ajustado	0,42407644
Error típico	0,54681824
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	3,01993018	1,50996509	5,04987843	0,03384278
Residuos	9	2,69109167	0,29901019		
Total	11	5,71102185			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,4961075	0,74109562	3,36813152	0,00828151	0,81963274	4,17258226
Temperatura	-0,05553347	0,02842692	-1,95355201	0,08249472	-0,11983964	0,00877269
Ocup. Personal	0,05601181	0,02626634	2,13245607	0,06177436	-0,00340677	0,11543038

Planta 6 iteració 3/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,57356565
Coeficiente de determinación R ²	0,32897756
R ² ajustado	0,26187532
Error típico	0,61904958
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	1,87879803	1,87879803	4,90263126	0,05119616
Residuos	10	3,83222382	0,38322238		
Total	11	5,71102185			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	1,39903546	0,54746162	2,55549507	0,02859323	0,17921496	2,61885596
Ocup. Personal	0,06485572	0,02929096	2,21418862	0,05119616	-0,00040862	0,13012005

Planta 7 iteració 1/2. Dades extreptes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,88658681
Coeficiente de determinación R ²	0,78603617
R ² ajustado	0,70579973
Error típico	0,28597826
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	2,40357784	0,80119261	9,79649891	0,00469461
Residuos	8	0,65426853	0,08178357		
Total	11	3,05784636			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,38576397	0,41303772	5,77614073	0,00041635	1,43329729	3,33823065
Temperatura	-0,06434089	0,01646254	-3,90832111	0,00449166	-0,10230358	-0,02637821
Ocup. Personal	0,05086107	0,0183654	2,76939606	0,02431935	0,00851038	0,09321176
Ocup. Aules	-0,00229344	0,00260936	-0,87892747	0,40506574	-0,00831064	0,00372376

Planta 7 iteració 2/2. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,87485709
Coeficiente de determinación R ²	0,76537492
R ² ajustado	0,71323602
Error típico	0,2823409
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	2,34039893	1,17019946	14,6795356	0,00146786
Residuos	9	0,71744744	0,07971638		
Total	11	3,05784636			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,26028994	0,38265293	5,90689308	0,00022712	1,39466887	3,125911
Temperatura	-0,05812649	0,01467779	-3,96016675	0,00330344	-0,09132996	-0,02492303
Ocup. Personal	0,04014735	0,0135622	2,96023772	0,01595336	0,00946751	0,07082719

Planta 8 iteració 1/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,85813245
Coeficiente de determinación R ²	0,73639131
R ² ajustado	0,63753805
Error típico	0,60849257
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	8,27464685	2,75821562	7,44933758	0,01055241
Residuos	8	2,96210565	0,37026321		
Total	11	11,2367525			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	4,68777924	0,84102655	5,57387782	0,00052605	2,74836853	6,62718994
Temperatura	-0,0210713	0,03318043	-0,63505208	0,54312641	-0,09758552	0,05544291
Ocup. Personal	0,14904946	0,03208966	4,64478121	0,00165588	0,07505057	0,22304836
Ocup. Aules	-0,01519141	0,00862684	-1,76094641	0,11627909	-0,03508495	0,00470213

Planta 8 iteració 2/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,85035429
Coeficiente de determinación R ²	0,72310242
R ² ajustado	0,66156963
Error típico	0,58797482
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	8,12532297	4,06266149	11,7514966	0,0030934
Residuos	9	3,11142952	0,34571439		
Total	11	11,2367525			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	4,27780561	0,52085937	8,21297612	1,7933E-05	3,09953985	5,45607138
Ocup. Personal	0,1495609	0,03099787	4,82487759	0,00094058	0,07943886	0,21968295
Ocup. Aules	-0,01353793	0,00794723	-1,7034784	0,12267854	-0,0315158	0,00443995

Planta 8 iteració 3/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,7961302
Coeficiente de determinación R ²	0,6338233
R ² ajustado	0,59720563
Error típico	0,64145436
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	7,12211558	7,12211558	17,3092201	0,00194738
Residuos	10	4,11463691	0,41146369		
Total	11	11,2367525			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	4,32933055	0,56727547	7,63179587	1,7747E-05	3,06536205	5,59329906
Ocup. Personal	0,12627365	0,03035107	4,16043508	0,00194738	0,05864726	0,19390005

Planta 9 iteració 1/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,64777807
Coeficiente de determinación R ²	0,41961643
R ² ajustado	0,2019726
Error típico	0,58303715
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	1,9661644	0,65538813	1,92799594	0,20362267
Residuos	8	2,71945857	0,33993232		
Total	11	4,68562297			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	3,58721033	0,80626723	4,44915807	0,0021417	1,72795478	5,44646589
Temperatura	-0,04848052	0,03183429	-1,52290238	0,16628351	-0,12189052	0,02492949
Ocup. Personal	0,06254663	0,03329056	1,87880951	0,09708312	-0,01422155	0,1393148
Ocup. Aules	-0,00332904	0,00274629	-1,21219586	0,26001963	-0,00966199	0,00300391

Planta 9 iteració 2/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,55947575
Coeficiente de determinación R ²	0,31301312
R ² ajustado	0,16034937
Error típico	0,59804882
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	1,46666146	0,73333073	2,05034342	0,18461543
Residuos	9	3,21896152	0,35766239		
Total	11	4,68562297			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	3,39296285	0,81052775	4,18611557	0,00235464	1,55942168	5,22650401
Temperatura	-0,0366818	0,0310902	-1,17985085	0,26830477	-0,10701271	0,03364912
Ocup. Personal	0,04072981	0,02872719	1,41781388	0,18992504	-0,02425561	0,10571522

Planta 9 iteració 3/3. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,45470373
Coeficiente de determinación R ²	0,20675548
R ² ajustado	0,12743103
Error típico	0,60965931
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0,96877823	0,96877823	2,60645332	0,13750364
Residuos	10	3,71684474	0,37168447		
Total	11	4,68562297			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	2,66830846	0,53915725	4,94903564	0,00057936	1,46699124	3,86962569
Ocup. Personal	0,04657152	0,02884665	1,6144514	0,13750364	-0,01770283	0,11084587

Planta 10 iteració 1/1. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,9062405
Coeficiente de determinación R ²	0,82127184
R ² ajustado	0,75424877
Error típico	0,45574832
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	7,63544011	2,5451467	12,2535709	0,00232437
Residuos	8	1,66165225	0,20770653		
Total	11	9,29709236			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	3,66796827	0,62716071	5,84853007	0,00038342	2,22173308	5,11420346
Temperatura	-0,12123343	0,02455472	-4,93727604	0,00113896	-0,17785671	-0,06461014
Ocup. Personal	0,08154078	0,02471244	3,29958408	0,01086559	0,02455379	0,13852778
Ocup. Aules	-0,00526098	0,00146719	-3,58575632	0,00712833	-0,00864432	-0,00187764

Planta 11 iteració 1/2. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,52304191
Coeficiente de determinación R ²	0,27357284
R ² ajustado	0,11214458
Error típico	1,21336795
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	4,99009083	2,49504541	1,69470228	0,23733639
Residuos	9	13,2503561	1,47226179		
Total	11	18,240447			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	3,49024023	1,64446174	2,12242106	0,06279011	-0,22979067	7,21027114
Temperatura	-0,01032201	0,06307821	-0,16363825	0,87363168	-0,15301484	0,13237082
Ocup. Personal	0,10363478	0,05828395	1,77810141	0,10910278	-0,02821268	0,23548225

Planta 11 iteració 2/2. Dades extretes directament d'Excel (Microsoft Office).

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,5209717
Coeficiente de determinación R ²	0,27141152
R ² ajustado	0,19855267
Error típico	1,15281306
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	1	4,95066737	4,95066737	3,72516891	0,0824249	
Residuos	10	13,2897796	1,32897796			
Total	11	18,240447				

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	3,28632742	1,01949977	3,22347049	0,00912133	1,01474038	5,55791446
Ocup. Personal	0,1052786	0,05454653	1,93006966	0,0824249	-0,01625864	0,22681584

Annex E. Resum de les dades d'ocupació del personal

Les dades d'aquest annex han estat obtingudes dels portals web UPC transparent [33] i Directori UPC [31].

quantitat d'hores no lectives/setmana		29,5	29,5	29,5	3	25,5	31,5	Mitjana d'hores	
quantitat d'hores lectives/setmana		8	8	8	3	12	6		
Departament		Catedràtics	Titulars	Agregat	Associat	Col·laborador	Lector	lectives	no lectives
707	Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial	6	19	18	34	10	3	6,49	19,11
709	Enginyeria Elèctrica	6	14	13	22	8	3	6,73	20,27
710	Enginyeria Electrònica	10	61	20	15	10	0	7,70	25,73
712	Enginyeria Mecànica	2	5	13	64	12	2	5,18	11,74
713	Enginyeria Química	17	17	17	25	7	0	6,83	21,18
715	Estadística i Investigació Operativa	6	14	7	31	2	0	5,55	15,68
717	Expressió Gràfica a l'Enginyeria	3	9	1	62	9	1	4,75	9,77
723	Ciències de la Computació	15	38	18	6	18	0	8,44	27,07
724	Màquines i Motors Tèrmics	4	10	6	19	0	1	5,58	16,96
732	Organització d'Empreses	5	16	11	140	10	3	4,40	9,26
737	Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	3	3	8	45	2	1	4,47	10,17
748	Física	14	54	40	67	2	4	6,15	19,69
749	Matemàtiques	23	93	41	14	3	0	7,67	27,30
758	Enginyeria de Projectes i Construcció	1	5	7	54	2	2	4,25	9,29

	Organisme	Investigadors Sèniors	Investigadors postdoctorals	Investigadors predoctorals	PAS	Auxiliar recerca	Tècnic recerca
440	Institut d'Organització i control (IOC)	1	0	2			2
460	Institut de Tècniques Energètiques (ITE)	6	2	5		3	7
918	Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica (CREB)				1		
946	Centre d'innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA)				0	1	12
973	Centre Específic de Recerca per a la Millora i Innovació de les Empreses (CERPIE)					1	

Organisme	Plantes de l'edifici H														Total organisme
	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
440														2	2
460	1													1	
707	112													10	23
709	27													1	28
710														1611	18
712	14													5	
713	8													8	
715	21													21	
717	11													11	
723	11													11	
724	85													13	
732	48126													66	
737	16	4													20
748	114													15	
749	399													48	
758	6114													21	
918	2													2	
946	1113													15	
973	3													3	
Total planta	16	2	1	41	39	27	11	40	57	17	16	30	34		